



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Microorganismos eficientes (EM) en la recuperación de un suelo
contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

Kcana Puma, Hardy Minerva (Orcid: 0000-0003-2687-4075)

ASESOR:

Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a este punto de mi vida y por darme la dicha de compartir este momento junto a mis papás Felicitas y Roberto, y compañía de mis hermanos Brayhan y Venus, quienes son el pilar y motivo de mi existencia.

A mis abuelos por su cariño y amor que me ofrecen diariamente, sobre todo a mi ángel protector.

A mis tíos y primos, en especial a mis tías Janet y Mercy por su apoyo incondicional en cada faceta mía.

A Ricardo por ser amigo, cómplice, confidente y problema.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez por su asesoramiento, guía y comprensión para la culminación de este proyecto.

A la Dra. Luz Marina Palomino Cori y docentes que compartieron experiencias, conocimientos y que han sido parte fundamental en mi formación profesional.

Al Ing. Atilio Mendigure Sarmiento, Ing. José Antonio Ccente Olarte, Ing. Edgar Gudiel, por sus sabios consejos en mi formación y desarrollo personal.

Al Ing. Marcelo Gonzales Solís y al Ing. Rally Escobedo Portillo por la donación de los Microorganismos Eficientes.

A mis amigos que siempre han estado conmigo en las buenas y malas: Erika Acurio, Katherine Mixma, Kevin Iturriaga, Douglas Cunza, Jafeth Oviedo, Yousset Astete.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	23
3.1 Tipo y diseño de investigación	23
3.2 Variables y Operacionalización	25
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5 Procedimiento	27
3.6 Método de análisis de datos	37
3.7 Aspectos éticos	37
IV. RESULTADOS	38
V. DISCUSIÓN	55
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
VIII. Referencias.....	62
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo (MINAM, 2017).....	18
Tabla 2: Dosis de microorganismos eficientes utilizados en la investigación	24
Tabla 3: Tratamientos definidos para la investigación	24
Tabla 4: Relación de fichas de recolección de datos.....	26
Tabla 5: Validación de instrumentos.....	27
Tabla 6: Resultado del análisis de la caracterización del suelo del distrito de San Jerónimo.....	38
Tabla 7: Resultado de análisis de contenido de Cadmio del suelo del distrito de San Jerónimo.....	38
Tabla 8: Pruebas de normalidad.....	39
Tabla 9: Estadísticos descriptivos del pH	40
Tabla 10: Análisis de varianza ANOVA en C.E.....	42
Tabla 11: Valores aplicados a Prueba Tukey	42
Tabla 12: Estadístico de Carbonato de calcio CaCO_3	44
Tabla 13: Análisis de varianza ANOVA en M.O.....	46
Tabla 14: Prueba de Tukey para M.O.....	46
Tabla 15: Estadísticos de contenido de fósforo (P) en el suelo	48
Tabla 16: Estadísticos de contenido de Potasio(K)	50
Tabla 17: Estadísticos de contenido de CIC	51
Tabla 18: Estadístico de Prueba ANOVA	53
Tabla 19: Estadísticos de contenido de Cadmio en el suelo	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del procedimiento del proyecto de investigación.....	28
Figura 2: Ubicación de la zona de estudio Google Earth Pro	28
Figura 3: Obtención de muestra de suelo individual (MINAM, 2014)	29
Figura 4: Recolección de muestras en varios puntos del terreno contaminado ..	30
Figura 5: Muestras preliminares y 5 muestras simples con peso aproximado a 1 kg	30
Figura 6: Materiales utilizados para la activación de los microorganismos eficientes	31
Figura 7: Se muestra el procedimiento de la activación de EM.....	32
Figura 8: Los tratamientos con la solución en % correspondiente se almacenaron para su activación durante el periodo de 1 semana	32
Figura 9: Tamizado de muestras de suelo	33
Figura 10: Pesado de muestras de suelo y adición de % de compost según corresponda a cada tratamiento.....	34
Figura 11: Aplicación de tratamientos de microorganismos eficientes	34
Figura 12: Muestras inoculadas con dosis de microorganismos (5%,10%,15% y 20%).....	35
Figura 13: Tratamientos con microorganismos eficientes (5%,10%,15% y 20%) sin compost y sus 3 repeticiones	35
Figura 14: Tratamientos con microorganismos eficientes (5%,10%,15% y 20%) con compost y sus 3 repeticiones	36
Figura 15: Tratamientos enviados a laboratorio para su análisis fisicoquímico y análisis especial de cadmio.....	36
Figura 16: Resumen de contrastes de hipótesis	40
Figura 17: Valores de pH, en el suelo de cada tratamiento.....	41
Figura 18: Valores de la conductividad eléctrica (CIC) en el suelo.	43
Figura 19: Valores del contenido de CaCO ₃ en el suelo para cada tratamiento	45
Figura 20: Valores de contenido de M.O en el suelo, para cada tratamiento.....	47
Figura 21: Valores del contenido de fósforo en el suelo.....	49
Figura 22: Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo....	52
Figura 23: Valores del contenido de cadmio en el suelo	54

RESUMEN

La aplicación indiscriminada de fertilizantes, pesticidas y hormonas sintéticas a causa de las actividades agrícolas intensivas han ido contaminando el suelo del distrito de San Jerónimo, hallándose altos valores de cadmio total. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes (EM) en las propiedades fisicoquímicas y contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco. El tipo de investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo y el diseño fue de tipo experimental con subtipo cuasi-experimental. Siendo la población los suelos contaminados del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco y la muestra conformada por 5 kg de suelo, recolectados del horizonte Ap., a profundidad de 20cm en promedio; el diseño experimental fue Completamente al Azar, donde se aplicaron 200 mg de muestra de suelo aplicando 5 tratamientos con dosis (0%EM, 5%EM, 10%EM, 15%EM y 20%) EM con y sin compost con 3 repeticiones, durante un tiempo de 8 semanas. Se obtuvo como resultado que la aplicación de microorganismos eficientes logro mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo contaminado, así mismo la reducción de contenido de cadmio no fue significativa.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, propiedades fisicoquímicas del suelo, contaminación de suelo por cadmio.

ABSTRACT

The indiscriminate application of fertilizers, pesticides and synthetic hormones due to intensive agricultural activities have been contaminating the soil of the district of San Jerónimo, finding high values of total cadmium. The objective of this research was to determine the effect of the application of efficient microorganisms (EM) on the physicochemical properties and cadmium content of a contaminated soil in the San Jerónimo district, Cusco province. The type of research was applied, quantitative approach and the design was experimental with a quasi-experimental subtype. Being the population the contaminated soils of the district of San Jerónimo, Cusco province and the sample made up of 5 kg of soil, collected from the Ap horizon, at a depth of 20cm on average; The experimental design was Completely Random, where 200 mg of soil sample were applied applying 5 treatments with doses (0% EM, 5% EM, 10% EM, 15% EM and 20%) EM with and without compost with 3 repetitions, for a period of 8 weeks. It was obtained as a result that the application of efficient microorganisms was able to improve the physicochemical properties of the contaminated soil, likewise the reduction of cadmium content was not significant.

Keywords: Efficient microorganisms, physicochemical properties of the soil, soil contamination by cadmium.

I. INTRODUCCIÓN

El cadmio es un elemento químico cuyo símbolo es “Cd”, es un metal pesado que está presente en los suelos de forma natural, pero cuando se encuentra en altas concentraciones se convierte en un contaminante, alterando el funcionamiento natural del suelo y sus propiedades. El exceso de este tipo de elementos en el suelo afecta a directamente al desarrollo de plantas, microorganismos y demás organismos vivos relacionados al suelo, como son los seres humanos y animales, quienes se alimentan de lo que se produce en el suelo.

La presencia de metales pesados en la capa superficial del suelo puede estar afectada por el material parental de suelo o por fuentes antropogénicas. Los problemas asociados con la caracterización de metales pesados en la mayoría de los lugares son frecuentemente debido a múltiples fuentes de contaminación como en los ecosistemas agrícolas, donde las prácticas agrícolas y pecuarias son intensivas los metales pesados también pueden alcanzar el suelo debido a la aplicación de fertilizantes inorgánicos y abonos animales (o sus derivados, compost o lodos). estas prácticas son una importante fuente de metales pesados particularmente en Zinc, Cobre y Cadmio (NICHOLSON, y et al., 2003).

Un factor importante es la distribución de estos elementos en el suelo, dependen de la clase de metal y propiedades fisicoquímicas como son el tipo de suelo, pH, CIC (capacidad de intercambio catiónico), contenido y tipo de mineral de arcilla, contenido de materia orgánica, óxidos de Fe (hierro), Mn (manganeso) y Al (aluminio) , condiciones redox, y quelatos exudados por las raíces en la rizosfera que facilitan la disponibilidad de metales (BASTA, y et al., 2001)

Entre los metales pesados, el cadmio (Cd) y el suelo han recibido gran atención debido a la facilidad en que es absorbido por las plantas, haciéndose más tóxico que otros metales pesados y consecuentemente imponiendo efectos dañinos nocivos sobre los humanos y animales al entrar en la cadena alimenticia (Antoniadis, 2001). Por lo que es fundamental conocer los factores que determinan la disponibilidad del cadmio y la conversión de sus formas químicas en el suelo. Los cambios en la biodisponibilidad de elementos trazan con el tiempo han

mostrado generalmente que estos elementos tienen su más alta biodisponibilidad inmediatamente después de su aplicación al suelo. Sin embargo, conforme para el tiempo su movilidad y biodisponibilidad son controlados por diferentes mecanismos como la adsorción superficial sobre los coloides del suelo, reacciones de intercambio, quelación, reacciones redox, etc., que resultan en la conversión de formas altamente solubles y formas menos solubles (HOODA, y et al., 1991).

Durante varios años, especialistas en microbiología y ambiental han venido estudiando a los organismos del suelo entre dañinos y benéficos, de acuerdo a las funciones que cumplen y a su efecto en relación de la calidad del suelo, como por ejemplo crecimiento, desarrollo, productividad y sanidad vegetal. Dentro de los organismos benéficos se encuentran los que son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico estos microorganismos se encargan de la descomposición de residuos orgánicos, desintoxicación, eliminación enfermedades vegetales y patógenos del suelo, a su vez fomentan el reciclaje de nutrientes e incrementan la producción de componentes bioactivos como hormonas, vitaminas y enzimas que incitan el crecimiento de las plantas (HIGA, T. y J.F. Parr., 1994).

Estos microorganismos son utilizados con la finalidad de lograr un equilibrio microbiológico para mejorar la calidad del suelo, aumentando el desarrollo en la producción y protección de los cultivos, adoptando así una agricultura sostenible que nos permita conservar los recursos naturales.

Los suelos del distrito San Jerónimo son de uso agrícola intensivo debido a su altas propiedades productivas en la actividad hortícola, razón por la que se genera el uso indiscriminado de insumos químicos, como son los fertilizantes, los pesticidas, abonos y hormonas que se aplican en todo el desarrollo productivo de los cultivo; los suelos agrícolas contaminados han mostrado la necesidad de más insumos para lograr mantener e incrementar su productividad, ocasionando un progresivo deterioro de su fertilidad y capacidad productiva, que es la expresión de la interacción de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del mismo.

Estos suelos que, progresivamente van perdiendo sus propiedades fisicoquímicas y en consecuencia tienen menor potencial productivo, requieren ser

mejorados para evitar que disminuyan los rendimientos, para lo cual se dispone de la aplicación de microorganismos, también enmiendas orgánicas, como son el compost, el estiércol de lombriz, el guano de isla, y otras fuentes similares, así como enmiendas inorgánicas, como el yeso, la cal o la dolomita

En este sentido se propone el uso de microorganismos eficientes (EM) como inoculante de un suelo contaminado con cadmio, para evaluar el efecto en su concentración y propiedades relacionadas al suelo.

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se plantea el siguiente **problema general**: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en las propiedades fisicoquímicas y contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco?, además se han identificado los siguientes **problemas específicos**:

¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5%,10%,15% y 20%, con y sin compost, en las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco.?

¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5%,10%,15% y 20%con y sin compost, en el contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco?

Teniendo así, que la **justificación** de realizar esta investigación radica en desarrollar una alternativa de remediación de suelos, basados en técnicas biológicas, seguras y perdurables en el tiempo, pues se incrementa la población y actividad microbial del suelo, que asegura su sostenibilidad; y de esta manera mejorando la calidad del ambiente donde los productores agrícolas desarrollan sus actividades que le sirven de sustento socioeconómico.

En base a ello, el **objetivo general** de la investigación es: Determinar el efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes (EM), en las propiedades fisicoquímicas y el contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco; asimismo, los **objetivos específicos** son: Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis

de 5%,10%,15% y 20%, con y compost, en las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco, determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5, 10, 15 y 20%, con y compost, en el contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco

La **hipótesis general** de la investigación es: El uso de los microorganismos eficientes (EM) mejorarán las propiedades fisicoquímicas del suelo y reducirá la cantidad de cadmio total de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco, Asimismo, las **hipótesis específicas** son: Las dosis de 5%,10%.15% y 20% EM, con y sin compost, mejorarán las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco, las dosis de 5%,10%.15% y 20% de EM, con y sin compost, reducirán el contenido de cadmio total de un suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, provincia Cusco,

II. MARCO TEÓRICO

Para la elaboración de esta investigación se tomaron en cuenta antecedentes internacionales, nacionales y locales que permitirán tener un mayor entendimiento del tema propuesto y nos permitirá compararlos con los resultados que se conseguirán en la presente investigación.

LONDOÑO *et al.* (2016) Realizaron una investigación sobre metales pesados y el potencial riesgo que representan en la salud de los seres humanos y animales, incluyendo la cadena trófica. Su objetivo fue estudiar los metales pesados en cuanto su origen, su distribución, principales usos y alteraciones significativas en el medioambiente. Cuya finalidad fue promover la investigación y conciencia del tema, conduciendo a la reducción de los riesgos propiciados por estos elementos sobre los ecosistemas y, por lo tanto, contribuir al conocimiento, sentando bases de estos contaminantes en el ambiente. Llegando a concluir, la industrialización por cuenta de la actividad minera, agrícola ha incrementado la contaminación del suelo, principalmente por la aplicación de agroquímicos se ha ocasionado el aumento excesivo de metales pesados como, Hg, Pb, As, Cd, Cu, Cr, entre otros y como principal consecuencia la contaminación de recursos tan importantes como son el agua, aire y suelo. A esta problemática se suman factores como: el cambio climático, el efecto invernadero, la deforestación, la pérdida de recursos naturales en flora y fauna, de esta manera la amenaza de la introducción de estos elementos se acrecienta.

Para la evaluación los efectos de los EM sobre las “propiedades químicas del suelo”, COARITE Y MASCO (2019), emplearon dosis experimentales, con tres repeticiones donde los tratamientos donde trabajaron cuatro concentraciones de microorganismos eficientes. Para la evaluación de rendimiento trabajaron con un cultivo de rábano utilizándolo como indicador para identificar el incremento de las propiedades químicas del suelo, donde evaluaron el desarrollo fenológico del cultivo de rábano (número de plantas, peso y altura del cultivo), así mismo se analizaron los siguientes parámetros: Conductividad eléctrica (CE), materia

orgánica (MO), fósforo (P), e intercambio catiónico (CIC). Determinaron que la tecnología de ME si influyó de manera positiva en el incremento y mejora de las propiedades químicas del suelo en el distrito de Coata.

De acuerdo con PEREZ (2016) en su estudio de investigación caracterizó las propiedades fisicoquímicas del suelo de la zona de “Laureles del Embalse de Neusa” evaluando los efectos antes y después de la inoculación de los microorganismos eficaces, donde analizó el efecto de los EM inoculados directamente al suelo y compost in vitro. Las muestras consideradas la obtuvieron del horizonte A, con profundidad promedio de 20 cm, en un bosque de pino y eucalipto, que se ubica en el parque forestal embalse del Neusa, en Colombia. Las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo que se identificaron fueron en relación pH y la concentración de iones como, N, C, P, Mg y otros, todos ellos evaluados de manera preliminar y posterior a los tratamientos con EM. La aplicación de EM que utilizó fue de manera directa, mezclada con varios tipos de abonos orgánicos (compost), también estudió el cambio fisicoquímico del suelo.

Los resultados indicaron que los tratamientos de EM surtidos con los varios tipos de compost tuvieron una mejora en cuanto a sus nutrientes y UFC (Unidades Formadoras de Colonia) caso opuesto donde los tratamientos de EM se aplicaron directa al suelo. De esta manera PÉREZ (2006) evidencia una mejora significativa principalmente en las UFC. Por tanto, concluye que existe una gran cantidad de microorganismos que pueden ser utilizados para la restauración de suelo *Bacillus weihenstephanensis*, *Lactobacillus pentosus*, entre otros; por otro lado, este estudio demuestra que los nutrientes del suelo incrementaron significativo al final del periodo de estudio, demostrando que el contenido de fósforo aumento de 8 ppm a 116 ppm. La dosis que presentó los mejores resultados en el estudio fue el tratamiento de mezcla de EM con compost de cerdaza, papa y aserrín. Esto demuestra que la tecnología microbiológica utilizada tiene un efecto positivo en la restauración de suelos, mejorando las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, además señaló que cuando se acompaña la aplicación con algún abono se obtienen mejores resultados.

Para la evaluación de la influencia de EM sobre el rendimiento de hortalizas

bajo condiciones controladas, M.J., DALY Y D.P.C. STEWART (1999), plantearon que el EM podría estimular la mineralización del carbono. Los EM son inoculantes microbial comerciales contenían levaduras, hongos, bacterias y actinomicetos. Estos fueron evaluados en campos experimentales de cultivo de hortalizas irrigadas, de producción comercial en fincas “orgánicas” en Canterbury, New Zelanda durante 1994-1995, y en una incubación de laboratorio. Los EM más la melaza fueron aplicadas, a 10 L/ha en 10000 L agua/ha, tres veces para las cebollas, dos veces para las arvejas y siete veces para el maíz dulce. Concluyeron que los EM más la melaza incrementaron el rendimiento de cebolla en 29% y la proporción de cebollas de alta calidad en 76%. El EM más la melaza también incrementaron el rendimiento de arveja en 31% y el peso de maíz dulce en 23%. Se condujo una incubación por 4 semanas a 30° en arena franca y 1% de residuos de pasto masa/masa, tuvo tratamientos incluyendo un control, glucosa, y EM más glucosa, y el carbono respirado fue capturado usando trampas de NaOH. Al final de la incubación el tratamiento con glucosa respiró 30% más carbono que el control. El tratamiento con EM respiró 8% más carbono que el tratamiento con glucosa. Determinaron que el EM estimuló la mineralización del carbono en la incubación de laboratorio.

KHALIQ (2006), evaluó el efecto del uso integrado de fertilizantes minerales y orgánicos con microorganismos efectivos sobre el rendimiento y absorción de nutrientes en algodón (*Gossypium hirsutum* L.). También se realizó una evaluación económica. Los tratamientos incluyeron: control, materiales orgánicos (MO), microorganismos efectivos (EM), MO + EM, NPK mineral (170:85:60 kg), ½ NPK mineral + EM, ½ NPK mineral + MO + EM y NPK mineral + MO + EM. La MO y los EM solos no incrementaron el rendimiento, pero lograron mejorar en un 44% el rendimiento sobre el 9 control. La aplicación de NPK en combinación con MO y EM resultó en el más alto rendimiento de algodón (2470 kg/ha). El uso integrado de MO + EM con ½ NPK mineral dio un rendimiento de 2029 kg/ha, similar al rendimiento obtenido con la fórmula completa de NPK recomendada (2165 kg/ha), indicando que esta combinación puede sustituir 85 kg N/ha. La combinación de fuentes de N con EM puede incrementar la concentración de NPK en las plantas, El análisis económico sugiere que el uso de ½ NPK mineral con EM + MO ahorra el fertilizante

nitrogenado mineral en casi 50% comparado a un sistema con solo la aplicación de NPK mineral. Este estudio indicó que la aplicación de EM incrementó la eficiencia de ambas fuentes de nutrientes, orgánica e inorgánica, pero solo fue inefectiva en incrementar el rendimiento.

Es su trabajo de tesis MELGAREJO (2018), realizó una investigación cuyo fin era la remoción de metales pesados a través de la Fitoextracción en suelo contaminado de Samne, mediante la aplicación de tratamientos conjuntos entre EM y girasol (*helianthus annuus l.*) el diseño de la investigación fue de tipo cuasi experimental, con un análisis antes y después del tratamiento y grupo control. La muestra que manejan fue de 5 puntos de suelo contaminado con metales pesados de Samne. El método que utilizó para el procesamiento de análisis estadístico corresponde a un diseño totalmente aleatorio. Los análisis se realizaron en base a los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante la “prueba de Anderson-Darling y Levene” respectivamente; consecutivamente al cumplirse estos supuestos se ejecutaron los ensayos paramétricos de análisis de varianza (ANVA), y la prueba de comparación múltiple de Tukey, la cual confrontó los resultados a través de la formación de subgrupos. Los análisis estadísticos realizados tuvieron un nivel de confianza del 95%. Llegando a concluir que si existe un efecto positivo significativo de los tratamientos de microorganismos eficientes y girasol (*helianthus annuus l.*) ya que estos aplicados de manera conjunta tienen la capacidad de fitoextraer metales pesados tales como: Pb (44.95%), Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%) estos porcentajes con la aplicación de la dosis de microorganismos eficientes al 10%. En mínima cantidad los microorganismos eficientes extrajeron Zn, con la dosis concentrada al 10% removi6 el 12.40% del metal. Resaltando que de los siete metales remediados el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM) solo considera tres los cuales son los elementos que han logrado disminuir en cuanto a sus concentraciones como son: Cd, Hg y Pb.

DÍAZ Y MONTERO (2006), determinaron la influencia de EM sobre capacidad de intercambio catiónico para la recuperación en un suelo de Mondoñedo, España. En la investigación ubicaron un invernadero experimental para mantener estables las condiciones ambientales. Posterior a la colecta de muestra, homogenización y

tamizado, se efectuaron los análisis preliminares de caracterización fisicoquímica.

La investigación presenta un Diseño Completamente Aleatorizado teniendo ocho tratamientos y tres repeticiones. Para monitorear el comportamiento de las plantas, se determinó una frecuencia de riego de 3 veces por semana, la aplicación de EM se realizó por un tiempo experimental de 3 meses según el siguiente orden: el primer mes se aplicó una vez por semana, el segundo mes se aplicó 15 días y en el tercer mes solo se efectuó una sola aplicación. Complementario a ello se realizaron análisis fenológico en un intervalo de 15 días, llevando un control en el diámetro del tallo, ramas y conteo de hojas. Finalmente, para obtener los resultados se realizaron análisis correspondientes a CIC, saturación de bases, relación entre elementos y bases intercambiables. Concluyeron que si existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. De esta manera se encontró una opción adecuada para mejorar la calidad de los suelos degradados como el suelo del desierto de Zabinsky y que la aplicación de microorganismos eficientes. Mezclado con abonos, ya sea con uno solo acrecienta la absorción de cobre (Cu) en las plantas iniciales a la investigación, a comparación de la fertilización química adicional con microorganismos eficientes mostró una disminución en estos niveles.

Por otro lado, ZÚÑIGA *et al.*, (2011), Evaluaron métodos y tecnologías innovadoras sobre recuperación de suelos degradados por efecto de exceso de sales; planteando que, la presencia de sodio y salinidad en los suelos interfiere con el adecuado desarrollo de cultivos y por consecuencia forma uno de los problemas principales y revolantes que viene afrontando el desarrollo sostenible. En la investigación se estudiaron métodos no convencionales, planteándose 3 tratamientos para su aplicación: Electromagnetismo, biofertilizantes y biopolímeros confrontados frente a la propuesta: “Convencional con base en la teoría del USDA” (United States Department of Agriculture) que consiste en la aplicación de enmiendas químicas (yeso - azufre). Asimismo, se tuvo un testigo absoluto. Determinaron que en cuanto al resultado fisiológico y productivo los tratamientos más efectivos fueron los tratamientos de carácter biológico los cuales hicieron uso de microorganismos cuales son: electromagnetismo y biofertilizantes, se adicionó de la estimulación electromagnética por la aceleración que produce en la actividad

microbiana para reducir el tiempo necesario para la recuperación del suelo.

LOROÑA et al. (2018), evaluaron la eficacia del método de biorremediación a través de la aplicación de (EM) en 04 suelos con diferente origen contaminados con Diésel B5, el origen de estos suelos fue de origen costero, agrícola, ribereño y urbano. La metodología utilizada en la investigación consistió en, primero en activar los EM durante una semana para su posterior aplicación en las muestras de suelo. Esta aplicación fue por aspersión en dosis de 1 Lt. por semana de EM activados en la zona de estudio, durante el plazo de 28 días en cada uno de los cuatro tipos de suelo. Determinaron en base a los resultados la eficacia de remediación en los cuatro tipos de usos de suelo; logrando para la muestra de uso agrícola, una eficacia de biorremediación del 40.06 % con una reducción de 35 674 mg/kg a 21 383 mg/kg de HTP; para la muestra de uso urbano una eficacia del 41.60 % con una reducción de 51 221 mg/kg a 29 911 mg/kg de HTP; para la muestra de uso costero una eficacia de 15.29 % con una reducción de 12 973 mg/kg a 10 989 mg/kg de HTP y finalmente para la muestra de uso ribereño una eficiencia de 35.05 % con una reducción de 7 604 mg/kg a 4 939 mg/kg de HTP. De esta manera, establecieron “coeficientes de correlación entre el porcentaje de materia orgánica (M.O) y la densidad aparente (D.A) del suelo” con los resultados de la eficacia del método de biorremediación, consiguiendo un valor de 0.9984 y 0.9496; de esta manera se valida la relación directa e indirecta entre las variables identificadas para el estudio.

Por otro lado, ÁLVAREZ (2018), estudió la relación y efecto de EM en el rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*). Evidenciando que los EM muestran diferentes efectos en suelo y en el desarrollo de las plantas de fresa de acuerdo a su procedencia, el consorcio microbiano obtenido de la planta de café (*Coffea arabica L.*) e inoculado a una concentración del 2,5% promueve el desarrollo radicular y aumenta la longitud y diámetro de las plantas, mientras que el consorcio microbiano conseguido de la planta de menta (*Mentha piperita*) y aplicado a una concentración del 2,5% aumentó el número de hojas. Concluyó que existen microorganismos útiles de interés ecológico en cada piso altitudinal, que su presencia está relacionada con las propiedades fitoquímicas de las plantas, y que

la aplicación de estos organismos incita cambios en la rizosfera, por lo que favorece el crecimiento y desarrollo vegetal.

Dentro de las bases teóricas utilizadas en la presente investigación, se han considerado:

Cadmio: Es un elemento químico no esencial y apenas se encuentra en la superficie terrestre (0,1 a 0,2 ppm) (PINTO *et al.*, 2003). Su simbología química es Cd, de color blanco plateado, maleable y dúctil. Pertenece al grupo IIB (metales no ferrosos), bivalente, su número atómico es 48, su peso atómico relativo es 112.41 g, su densidad es 8.642 g / cm³ a 20 ° C El punto de ebullición es 767 ° C y su punto de fusión es 320,9 ° C; Su presión de vapor es de 0.013 Pa a 180 ° C, su volumen es de 13.00 cm³ / mol y tiene una estructura cristalina hexagonal (PINTO *et al.*, 2003).

Cadmio en el suelo: la presencia del cadmio puede darse a causa de varias actividades naturales como: Erupciones volcánicas, erupciones de rocas, incendios forestales y otros fenómenos naturales. La presencia del cadmio también puede generarse por actividades antrópicas, como son actividades agrícolas, mineras, incineradoras, domésticas y residuos industriales. Además, el cadmio es uno de los elementos químicos más peligrosos y móviles del suelo utilizado para actividades agrícolas. Debido a que puede movilizarse en especies vegetales y almacenarse en partes comestibles (WAN *et al.*, 2016).

La movilización del cadmio depende de las propiedades fisicoquímicas del suelo donde se encuentra, por ejemplo, el pH y el porcentaje de materia orgánica, según la ubicación o el área de estudio. Normalmente, el cadmio se adhiere a la materia orgánica, manteniendo el cadmio en el suelo inerte y siendo absorbido por las plantas, formando así una cadena alimenticia. La principal razón por la que se encuentra cadmio en el suelo se debe a la aplicación de fertilizantes fosfatados y pesticidas (WONG, 2017).

Microorganismos Eficientes: Utilizamos el término “microorganismos eficientes” o efficient microorganisms (EM) en inglés para referirnos a un cultivo mixto específico de microorganismos beneficiosos conocidos que se utilizan eficazmente

como inoculantes microbianos (HIGA y J.F., 1994). La tecnología EM fue desarrollada por el Dr. Teruo Higa en Okinawa, Japón en la década de 1980. Se ha utilizado en agricultura, ganadería, biorremediación ambiental y otros campos, y que actualmente se utiliza ampliamente (SANGKKARA, 2002).

Los EM, son un cultivo de organismos genéticamente no modificados, con varios tipos de metabolismo, que cuando se encuentran juntos muestran sinergia, cooperación y relaciones metabólicas (HIGA y J.F., 1994). Investigaciones de las interacciones entre las diferentes comunidades microbianas han demostrado un mayor rendimiento en cuanto a la eficacia de estos consorcios en procesos de degradación, frente a estudios que involucran solo una agrupación microbiana.

Los microorganismos eficientes poseen varias propiedades benéficas para el proceso de biorremediación, incluida la fermentación de sustancias orgánicas sin liberar olores desagradables y la capacidad para convertir desechos tóxicos (H_2S) en sustancias no tóxicas (SO_4) (GARCÍA, J., 2006), propiedades des-ionizantes para la desintoxicación del suelo por sustancias nocivas, quelación de metales pesados y producción de enzimas como la lignina peroxidasa.

La tecnología EM posee especies microbianas seleccionadas, incluyendo las principales bacterias que producen ácido láctico y poblaciones de levaduras, así como también una menor cantidad de organismos fotosintéticos, actinomicetos y otros tipos de bacterias. Todos ellos pueden coexistir en cultivo líquido a causa de su compatibilidad entre sí. (HIGA y J.F., 1994).

Los EM pueden acompañar las diferentes prácticas de manejo de cultivo y suelos, optimizando estos procesos, siempre y cuando sean usados correctamente como, por ejemplo, en prácticas de labranza de conservación, uso de enmiendas orgánicas, rotación de cultivos, reciclaje de residuos de cultivos y el control biológico de plagas. (HIGA y J.F., 1994).

Como inoculante estos microorganismos de alta eficiencia pueden restaurar el equilibrio microbiano del suelo, mejorar sus condiciones fisicoquímicas, aumentar el rendimiento en la producción de cultivos y brindar protección frente a enfermedades que afectan a las plantas. (APROLAB, 2007).

Los beneficios que se les atribuye a estos microorganismos son los siguientes:

En las plantas:

- Por sus efectos hormonales, similares a las giberelinas, pueden aumentar el porcentaje y la velocidad en la germinación de semillas, aumentan las posibilidades de supervivencia promueven el crecimiento de las plantas, aumentar la vitalidad y el crecimiento de los tallos, follaje y frutos.
- Pueden inducir la resistencia sistémica de las plantas, por lo que pueden inhibir las plagas de insectos y enfermedades de las plantas.
- Consumen el exudado de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la transmisión de organismos patógenos y enfermedades.
- Mejoran el la productividad de los cultivos, en cuanto al desarrollo y calidad de los mismos.
- Fomentan la floración, fructificación y madurez debido a la acción hormonal en la zona de los meristemas.
- Aumentan la capacidad fotosintética al incrementar el desarrollo foliar.

En los suelos:

- El papel que cumplen los EM en el suelo, están enmarcados principalmente en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y de la inhibición de enfermedades. Sus efectos incluyen:

Efectos en su estructura física: mejorar la estructura e incorporación de partículas en el suelo, aumentar el espacio poroso reduciendo la compactación, por consiguiente, mejorar la permeabilidad al agua.

Efectos en la microbiología del suelo: Inhibe y controla la población de patógenos que crecen en el suelo por competencia. Crea e incrementa las condiciones para la reproducción microorganismos benéficos de manera natural mejorando la biodiversidad del suelo (APROLAB, 2007).

- Entre la clasificación y acción de microorganismos eficientes, Se trata de una mezcla de más de 80 microorganismos beneficiosos naturales. Algunos de los tipos de microorganismos más importantes que se encuentran en la EM y su modo de acción orgánico se describen a continuación (APROLAB, 2007).

(*Rhodopseudomonas spp.*): Las bacterias *Rhodopseudomonas spp.* son bacterias fotosintéticas, son microorganismos autosuficientes. Estas bacterias son capaces de sintetizar sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, material orgánico y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), a partir de fuentes de energía como la luz solar y calor geotérmico.

(*Lactobacillus spp.*): Las bacterias *Lactobacillus spp.*, son aquellas que producen ácido láctico a partir de azúcares como carbohidratos producidos por las bacterias fotosintéticas y levaduras. Estas bacterias producen muchos alimentos y bebidas como el yogurt y los pepinillos.

Las bacterias ácido-lácticas tienen la capacidad de inhibir organismos patógenos, los cuales se presentan en sistemas de producción perenne o continua. El uso de estas bacterias reduce las poblaciones de plagas o enfermedades, controlando la propagación y diseminación de patógenos que debilitan a las plantas cultivadas.

(*Saccharomyces spp.*): Son levaduras que sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias benéficas para el desarrollo y crecimiento de las plantas, a partir de azúcares y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces de las plantas.

En relación a la tecnología de los microorganismos eficientes, las especies usadas para mezclar microorganismos eficientes se aíslan de sus ambientes de origen donde los microorganismos son utilizados de manera extensiva, se mezclan en medios a base de azúcar. El azúcar generalmente usado es la melaza o el azúcar en bruto, y el pH bajo, que oscila entre 3.0 y 4.0. Cabe señalar que la mezcla no contiene ningún organismo importado de Japón, ni contiene organismos genéticos modificados. Por tanto, los EM se desarrollan en más de 40 países de todos los continentes del mundo, y son especies

aisladas de diferentes regiones. La tecnología es así eficaz, segura, respetuosa con el ambiente y accesible para los agricultores en países desarrollados y en desarrollo (BEJARANO Y DELGADILLO, 2007).

Con respecto a la seguridad de los mercados emergentes, en junio de 1995, el Dr. James F. Parr, microbiólogo de suelos del Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, señaló: “El servicio de Investigación de Agricultura de USDA ha conducido pruebas en laboratorio, invernadero y campo con el EM de Kyusei y ha descubierto que es un cultivo mixto de bacterias comunes, bacterias fotosintéticas, levaduras y actinomicetos”. Estos organismos no son “modificados” ni de tipo exótico, y no se han identificado efectos nocivos en plantas o humanos (CORREA, 2005).

Esta tecnología fue presentada en Tailandia en el año 1989, en una conferencia internacional, donde un programa investigativo demostró su eficiencia al realizar estudios en 13 países de la región asiática. Desde entonces, el programa ha abarcado diversos foros a nivel internacional, incluyendo la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), (BEJARANO Y DELGADILLO, 2007).

Los EM han sido considerados aptos organización orgánica reconocida en Estados Unidos. Hasta ahora, los microorganismos eficientes se han registrado en el Departamento de Agricultura y Alimentos. (BEJARANO Y DELGADILLO, 2007).

Los productos que contienen EM no suponen riesgos potenciales para el medio ambiente, los seres humanos u otros organismos, porque son especies que se encuentran en la naturaleza y se han utilizado en el procesamiento de alimentos durante muchos años. Asimismo, no existen casos de infección por el uso de EM, y el producto no adopta el principio de precaución (CORREA, 2005).

Estos microorganismos benéficos tienen la capacidad de sintetizar y consumir sustancias que causan la putrefacción y enfermedades, inhibiendo un gran

porcentaje de microorganismos patógenos mediante la exclusión competitiva. Los microorganismos eficientes se inactivan en situaciones aeróbicas, por lo que prosperan medios contaminados y mueren en condiciones limpias. Es auto reductor, lo que significa que, en el proceso, los mismos organismos serán consumidos por las enzimas que se encuentran de forma natural dentro de ellos, por lo que, no hay acumulación de los lodos microbianos. No existe contaminación secundaria por el uso de microorganismos eficientes (BEJARANO Y DELGADILLO, 2007).

En relación con las propiedades del suelo, este es un sistema complejo. Las condiciones fisicoquímicas, entre la fase sólida, líquida y gaseosa están afectadas no solo por sus respectivas propiedades, sino también por la presión temperatura y luz. El comportamiento mecánico de la masa de los suelos es referido como propiedades físicas. Y el estudio de esas propiedades se conocen como la física del suelo (ZAVALETA, 1992).

La capacidad de los suelos para producir cultivos depende de la adecuada relación de sólidos, agua y aire lo que hace posible que las plantas usen los nutrientes más eficientemente. Por lo tanto, es necesario comprender los principios básicos y los principios físicos que altera el desarrollo de las plantas; como, por ejemplo: la proporción y agregación de las partículas individuales del suelo, la resistencia en la penetración de las raíces, la capacidad de soporte y la rigidez. La capacidad de almacenamiento de agua, plasticidad, color, temperatura, condicionan el manejo de la labranza, riego, drenaje, fertilización y conservación de los suelos (ZAVALETA, 1992).

La química del suelo se considera como parte primordial en la ciencia del suelo. Sobre la composición, las propiedades y reacciones químicas que suceden en el suelo, es posible aclarar los problemas con relación a la fertilidad, desarrollo y nutrición de las plantas; los resultados del análisis químico permiten formular las recomendaciones para una fertilización adecuada, agrupar el suelo en diferentes categorías, y planificar la mejora de la agricultura. Sentar las bases para el desarrollo de la silvicultura y la ganadería (FASSBENDER Y BORNEMISZA, 1987).

El suelo se define como “una mezcla compuesta de materia orgánica, inorgánica, agua y aire, denominados los cuatro componentes del suelo”. La química de estos componentes se refiere a su composición, interacción, estructura y relación con la atmósfera, hidrosfera, y biosfera. La fracción inorgánica del suelo, se refiere a la fracción mineral, considera la arena, limo y arcilla. La composición química comprende las propiedades fisicoquímicas, la estructura, las características del cristal, y las propiedades electroquímicas de la arena, limo y arcilla. Sin embargo, las propiedades químicas y electroquímicas de la arcilla conducen a reacciones de intercambio y adsorción. La parte orgánica del suelo es un factor ambiental inherente, que proporciona una base ambiental de la química del suelo. La fase líquida del suelo es el tercer componente importante del suelo en la química del suelo. Este es el componente donde ocurren la mayoría de las reacciones químicas. Conocida como agua del suelo, puede nutrir plantas y microorganismos. Contiene sustancias disueltas, iones y solutos, creando un sistema suelo-raíz, parecidas a una celda electroquímica. También, los iones, solutos interactúan y con las fracciones sólidas orgánicas e inorgánicas, interaccionan entre sí por medio de la adsorción, intercambio, intercambio de ligante, puentes iónicos, y reacciones de quelación (TAN, 2010).

De acuerdo con la composición química del suelo, el suelo puede exhibir algunas propiedades químicas indicando su valor de uso por medio del diagnóstico de su fuente y parámetros ambientales. Los parámetros más destacados de estas características es el pH del suelo y la capacidad de adsorción y la capacidad de intercambio iónico, que se consideran como factores importantes para la obtención del potencial nutritivo vegetal, desde el suelo. (MIRSAL, 2010).

Entre los Estándares de Calidad Ambiental de Suelos en el Perú, tenemos que el Ministerio del Ambiente del Perú mediante D.S. N° 011-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo (**Tabla 1**), que se constituye como referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y deroga el D.S. N° 022-2013-MINAM, que

aprueba los Estándares de Calidad 24 Ambiental (ECA) para suelo, y el D.S. N° 003-2014-MINAM, aprobó el establecimiento de directrices desde instrumentos de gestión ambiental hasta nuevos procedimientos de adecuación ECA (MINAM, 2017).

Tabla 1: Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo (MINAM, 2017)

Parámetro en mg /kg PS ⁽²⁾	Usos del suelo ⁽¹⁾			Métodos de Ensayo ^(7,8)
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ /Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
Inorgánico Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051

Fuente: elaboración propia

- (1) Suelo: material no consolidado que forma parte de la capa superior de la superficie terrestre hasta las diferentes profundidades y se compone por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos.
- (2) PS: Peso seco
- (3) Suelo agrícola: suelo utilizada para cultivos, pastos y pastos. Es este tipo de suelo adecuado para el crecimiento de cultivos y ganado. Estos incluyen tierras clasificadas como agrícolas, que preservan el hábitat de especies permanentes y temporales, también flora y fauna nativa, tales como áreas naturales protegidas.
- (4) Suelo residencial/parques: utilizado por la población para la construcción de viviendas, incluidos espacios verdes y espacios recreativos.
- (5) Suelo comercial: suelo donde las principales actividades están relacionadas con operaciones comerciales y de servicios.
- (6) Suelo industrial/extractivo: las principales actividades que se realizan en este tipo de suelo incluyen la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la refinación, transformación o construcción de commodities.
- (7) Métodos de ensayo: en el marco del acuerdo de "Reconocimiento mutuo

de la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios” (ILAC), existen métodos de prueba estandarizados o métodos verificados correspondientes reconocidos a nivel nacional e internacional. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que sean inferiores a los valores que se establecen en el ECA correspondiente al parámetro bajo análisis.

- ⁽⁸⁾ Para los parámetros que no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se debe utilizar un método que cumpla con las condiciones indicadas en la nota (MINAM, 2017)

En la presente investigación, también consideramos necesario tocar el tema de la definición de términos básicos, entre los cuales tenemos:

Contaminación. La distribución de sustancias químicas o mezclas de sustancias en lugares no deseados (aire, agua, suelo), donde pueden causar efectos ambientales o de salud. La contaminación puede ser causada por la producción industrial, el transporte, la agricultura o escorrentía (MINAM, 2012).

Contaminación ambiental. Se refiere a la existencia de sustancias (físicas, químicas o biológicas) o una mezcla conjunta de agentes extraños en lugares, formas y concentraciones, que puedan o sean nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan presentar un riesgo potencial perjudicial para la flora y/o fauna, u obstaculizar el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental también incluye la introducción de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o sus mezclas en medios receptores, siempre que las condiciones naturales sean alteradas negativamente puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar de la población (MINAM, 2012).

Contaminante. Todo aquello que amenace el funcionamiento natural del ecosistema, ya sean agente físico o químico; incluso el hecho de que se introduzcan especies exóticas en el ecosistema puede causarle contaminación. (MINAM, 2012).

Estándar de calidad ambiental – ECA: Se refieren a los valores que establecen

niveles de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el suelo, agua o aire, en condición de ser cuerpos receptores. Según el parámetro específico al que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximo, mínimo o rangos, y determinar posibles riesgos significativos para la salud de las personas o ecosistemas. (MINAM, 2012).

Límite Máximo Permissible- LMP: Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2012).

Metales pesados. Los metales pesados son un grupo de elementos químicos de alta densidad y cierta toxicidad para el cuerpo humano. Los metales pesados tienen la capacidad de provocar cambios evolutivos debido a sus efectos destructivos en las plantas (MINAM, 2012).

Alcalinidad del suelo. La intensidad o grado de la alcalinidad de un suelo, es expresado por un valor $> 7,0$ para el pH del suelo (SSSA, 2008).

Autótrofo. Un organismo puede de utilizar dióxido de carbono (CO_2) o carbonatos como única fuente de carbono, consiguiendo energía para los procesos de reducción de carbono y procesos biosintéticos de energía radiante (organismos fotoautótrofos o fotoliotrófos) o de la oxidación de sustancias inorgánicas (organismos quimioautótrofos o qiiiolitótófos) (SSSA, 2008).

Agua disponible. Se refiere a la cantidad de agua liberada entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (generalmente estimado a partir del contenido de agua en el potencial mátrico del suelo de $-1,5 \text{ MPa}$) (SSSA, 2008).

Bacterioide. Una variación de células bacteriales. Se refiere especialmente a las células vacuoladas irregulares de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* en nódulos de leguminosas (SSSA, 2008).

Bioensayo. Un método para medir cuantitativamente una sustancia por su efecto en el crecimiento de un microorganismo adecuado, planta, o animal bajo condiciones controladas (SSSA, 2008).

Biodegradable. Una sustancia capaz de ser descompuesta por procesos biológicos (SSSA, 2008).

Saturación de bases. La relación entre la cantidad de bases intercambiables a la CIC (capacidad de intercambio catiónico). El valor de la saturación de bases depende de si la capacidad de intercambio de cationes incluye solo la acidez extractable con sales o la acidez total determinada a pH 7 u 8. Frecuentemente se expresa como un porcentaje (SSSA, 2008).

Biorremediación. El uso de agentes biológicos para recuperar un suelo y agua contaminada por sustancias peligrosas al ambiente o a la salud humana (SSSA, 2008).

Biotecnología. Uso de organismos vivos, frecuentemente microorganismos del suelo, para realizar procesos fisicoquímicos definidos teniendo aplicación agrícola o industrial (SSSA, 2008).

Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Es la suma bases intercambiables más la acidez total del suelo a un valor de pH específico usualmente 7,0 u 8,0. Cuando la acidez es expresada como acidez extractable por sales, la CIC es denominada capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) debido a que, es considerada como CIC del intercambiador al valor del pH nativo. Usualmente es expresada en centimoles de carga por kg de intercambiador (cmolc/kg) o mili-moles de carga por kilogramo de intercambiador (SSSA, 2008).

Enzima. Se refiere a las numerosas proteínas que se producen en las células de los organismos vivos, actúa como catalizador en los procesos químicos de estos organismos (SSSA, 2008).

Iones. Átomos, grupos de átomos, o compuestos que están cargados eléctricamente debido a la pérdida de electrones (cationes) o ganancias de electrones (aniones) (SSSA, 2008).

Textura media. Grupo de textura del suelo consistente de texturas franco arenoso muy fino, franco, franco limoso, y limo (SSSA, 2008).

Biomasa microbial. (i) la masa total de microorganismos vivos en un volumen o masa dada de suelo. (ii) el peso total de todos los microorganismos en un ambiente particular (SSSA, 2008).

Población microbial. La suma de microorganismos vivos en un volumen dado o masa de suelo (SSSA, 2008).

pH del suelo. El pH de una solución en equilibrio con el suelo. Se determina por medio de un electrodo de vidrio, quinidrona, u otro electrodo o indicador a una relación específica suelo-solución, usualmente agua destilada, 0,01 M CaCl_2 , o 1 M KCl (SSSA, 2008).

Muestra de suelo. Parte representativa de un área, donde se pueden determinar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Solución suelo. Fase líquida acuosa del suelo y sus solutos (SSSA, 2008).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El presente estudio de investigación tuvo un enfoque cuantitativo

Tipo de investigación. fué aplicada, debido a que brinda una alternativa para, la problemática de contaminación de suelos, según Arroyo, (2012), la investigación aplicada consiste en realizar trabajos aplicados con la finalidad de adquirir nuevos conocimientos, sin embargo, está dirigido fundamentalmente a un objetivo práctico específico. De la misma forma, Barroso (2018), menciona que las investigaciones aplicadas se basan en la resolución de problemas cotidianos, haciendo aportes tecnológicos, artesanales y sobre todo el aporte científico basándose en teorías confiables que han sido constantemente reproducidas.

El diseño experimental para la recuperación de suelos mediante la aplicación de microorganismos eficientes, fue de diseño experimental, de tipo cuasi experimental y de su tipo pre-post prueba. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño de la investigación se realizó de manera experimental, ya que se requiere la manipulación intencional de las variables para analizar los posibles resultados, revisando estudios con similitud de manera previa.

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, debido a que se centra en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación de fenómenos educativos, utiliza la metodología empírico-analítica y se sirve de pruebas estadísticas para el análisis de datos.

El método de procesamiento de análisis de estadísticas que se utilizó en la investigación fue el Diseño Completamente al Azar que se presenta la **Tabla 2**, donde se aprecia los tipos de dosis utilizados; así como también, en la **Tabla 3**

se muestra la serie de tratamientos seleccionados, en relación a los tipos de dosis utilizados.

Tabla 2: Dosis de microorganismos eficientes utilizados en la investigación

Número	Dosis de ME	Cantidad (%)
1	D1	0
2	D2	5
3	D3	10
4	D4	15
5	D5	20

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3: Tratamientos definidos para la investigación

N°	Tratamiento
1	Suelo contaminado (Cd) + 0% EM
2	Suelo contaminado (Cd) + 5% EM
3	Suelo contaminado (Cd) + 10% EM
4	Suelo contaminado (Cd) + 15% EM
5	Suelo contaminado (Cd) + 20% EM
6	Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM + 20% Compost
7	Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM + 20 % Compost
8	Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM + 20% Compost
9	Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM + 20% Compost
10	Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM + 20% Compost

Fuente: elaboración propia

El modelo aditivo lineal del Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), es el siguiente:

$$\gamma_{ik} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:

γ_{ik} = Cualquier observación del experimento

μ = Media poblacional

τ_i = Efecto del i-ésimo Tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

3.2 Variables y Operacionalización

3.2.1 Variable independiente:

Microorganismos Eficientes

Definición: (Hoyos *et al.*, 2008) indica que los microorganismos eficientes son un cultivo mixto de organismos beneficiosos biosintetizadores de origen natural, que se pueden usar como inoculantes para aumentar la diversidad microbiana del suelo y las plantas.

3.2.2 Variable dependiente

Recuperación de suelo contaminado

Definición: (Ramírez, 1997), define las propiedades físico-químicas como características propias del suelo que determinan su calidad y productividad.

Operacionalización (véase en el Anexo 4)

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población

La población establecida para esta investigación fueron los suelos agrícolas contaminados con cadmio, del distrito de San Jerónimo, provincia y departamento Cusco.

La muestra para este proyecto corresponde a 15 Kg de suelo, del horizonte

Ap a una profundidad de 20 cm en promedio, obtenido de un terreno agrícola contaminado con cadmio, del distrito de San Jerónimo, provincia y departamento Cusco.

El método muestreo utilizado en la presente investigación, para la selección de las muestras de suelo contaminado del distrito de San Jerónimo, fue de tipo aleatorio.

Para determinar la unidad de análisis, es preciso conocer cuál es el elemento del que se va a extraer la información necesaria para la ejecución del proyecto, La unidad de análisis para el proyecto de investigación represento 200 gr de suelo contaminado del distrito de San Jerónimo de la provincia de Cusco.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada en la recopilación de los datos generados en la presente investigación fue de tipo observacional, debido a que este procedimiento permitió recolectar y organizar información del fenómeno a observar.

Se empleó como instrumento tres fichas de recolección de datos (**Tabla 4**) que se muestran en el Anexo x, las cuales se mencionan a continuación:

Tabla 4: Relación de fichas de recolección de datos

Ficha 1	Análisis preliminar de caracterización del suelo
Ficha 2	Análisis general las propiedades físico- químicas del suelo
Ficha 3	Análisis de concentración de cadmio en el suelo

Fuente: elaboración propia

Los instrumentos utilizados en la fase de campo y gabinete, para recabar los datos está relacionado a fichas técnicas, las cuales han sido validadas sobre la base del método de criterio de expertos, para los cuales acudimos al apoyo de los docentes de las UCV, tal como se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Validación de instrumentos

Especialistas	Profesión	Número de Colegiatura	% de validación
Dr. Erusterio Horacio, Acosta Suasnabar	Ing. Químico	CIP N°25450	85%
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	Ing. Mecánico de fluidos	CIP89972	90%
Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro	Ing. Químico	CIP N°71998	85%
Promedio total de validación			86.6%

Fuente: elaboración propia

3.5 Procedimiento

Para el desarrollo de la investigación se consideró el esquema el cual está conformado por cuatro (04) etapas, como se muestra en la **Figura 1**.

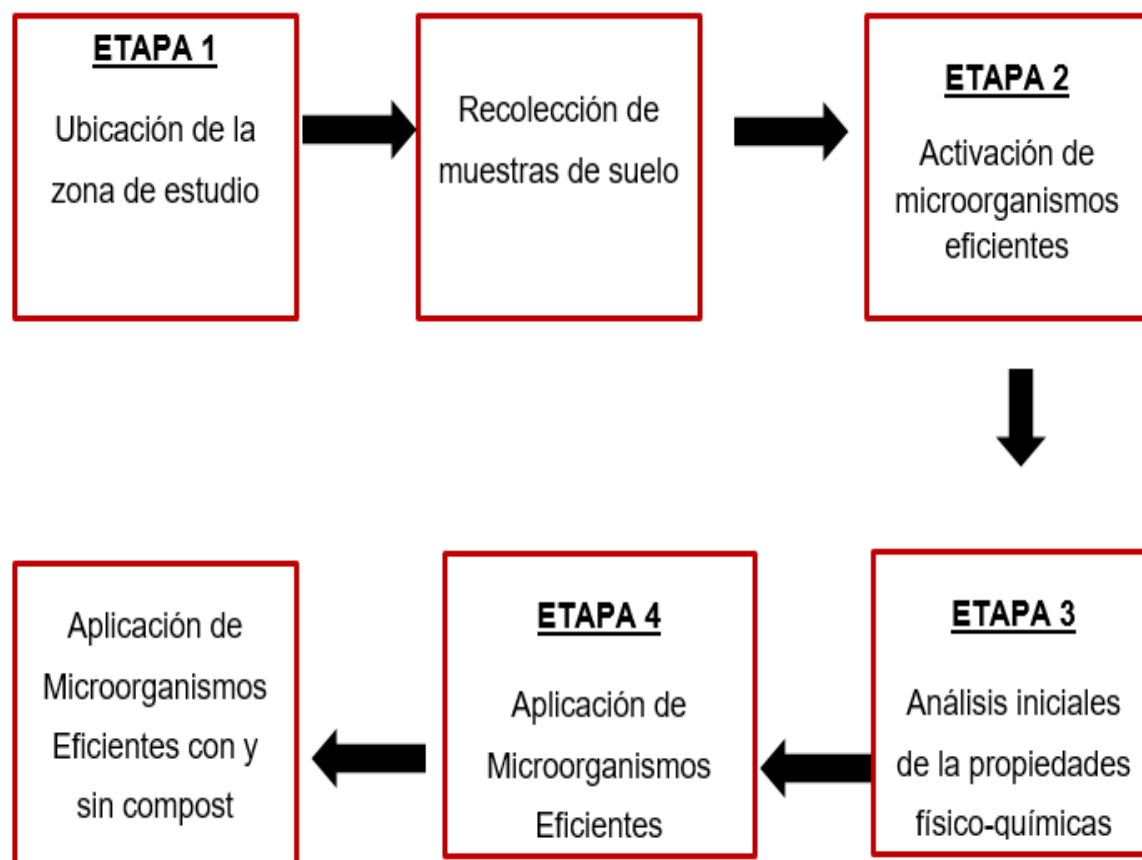


Figura 1: Diagrama del procedimiento del proyecto de investigación

A continuación, describimos las etapas del procedimiento:

Etapas 1: Ubicación de la zona de estudio

Ubicación y demarcación del terreno

Consistió en ubicar la parcela de investigación en una propiedad del distrito de San Jerónimo -Cusco y demarcar la parcela experimental en bloques y unidades experimentales de acuerdo con los tratamientos planteados cuidando las mismas condiciones edafológicas del terreno (**Figura 2**).



Figura 2: Ubicación de la zona de estudio Google Earth Pro
Fuente: Plataforma Google Earth Pro (2020)

Se procedió a la ubicación de un terreno agrícola contaminado con Cadmio, se utilizó un GPS MAP 64s, Garmin y se identificó el terreno en las coordenadas UTM: 185943 8501575 Zona 19 L, a una altitud de 3225 msnm.

Recolección de muestras de suelo

La técnica empleada para la recolección fue el muestreo de suelos a través de forma aleatoria donde se obtuvo una muestra compuesta, en consecuencia, de 15 muestras simples de suelo. Las muestras se obtuvieron de un terreno agrícola contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, en promedio 5 kg, recolectado del horizonte Ap, a una profundidad media de 20 cm (**Figura 3**). Una parte de la muestra fue almacenada en bolsas plásticas, y parte de la muestra fue enviada al laboratorio de análisis de suelos, para el análisis preliminar de caracterización (propiedades fisicoquímicas) y análisis especial de cadmio.

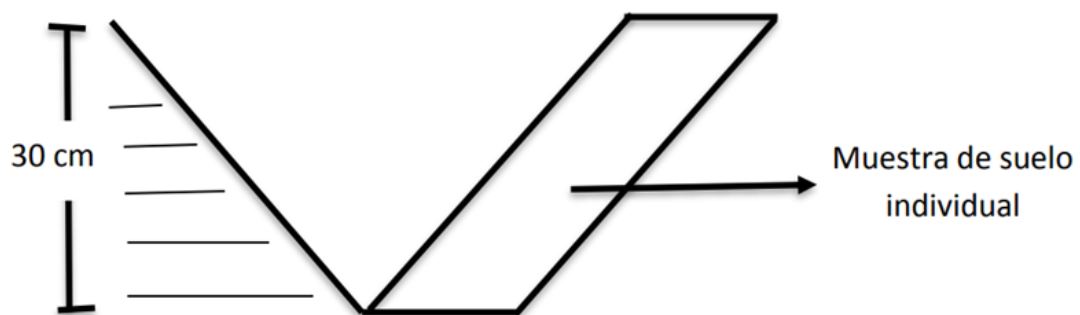


Figura 3: Obtención de muestra de suelo individual (MINAM, 2014)

MINAM. Guía para muestreo de suelos. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. 2014.

Se utilizaron herramientas de labranza y bolsas plásticas para obtener las 15 muestras simples (**Figura 4**), cada muestra de un promedio de 1 kg de peso, posteriormente se procedió al mezclado del suelo y cuarteo, para obtener un total de 5 kg de muestra compuesta, las cuales fueron almacenadas en bolsas plásticas transparentes, debidamente selladas y etiquetadas, para ser utilizadas en la fase experimental y su posterior análisis de laboratorio (**Figura 5**).



Figura 4: *Recolección de muestras en varios puntos del terreno contaminado*



Figura 5: *Muestras preliminares y 5 muestras simples con peso aproximado a 1 kg*

Etap 2: Activación de microorganismos eficientes

Los microorganismos eficaces (EM) fueron donación de la empresa Compost tME S.A.C, de la provincia de La Convención, departamento Cusco (**Figura 6**). Los microorganismos eficaces (EM) fueron activados, utilizando melaza, agua destilada y los microorganismos eficientes. Según las proporciones indicadas en los tratamientos (5%, 10%, 15% y 20% de EM), se realizó la

activación de los EM con melaza de caña para cada tratamiento, preparando 24 disoluciones debidamente etiquetadas por dosis (8 tratamientos, cada uno con tres repeticiones), cada una de 80 ml (**Figura 7**). Para tal efecto se utilizó tres medidores graduados, una para los EM, otra para melaza y otra para el agua destilada. Una vez preparadas las disoluciones de cada tratamiento, se cerraron herméticamente las botellas, colocándolas en cajas en un lugar bajo techo, para su utilización al cabo de una semana (**Figura 8**).



Figura 6: Materiales utilizados para la activación de los microorganismos eficientes



Figura 7: Se muestra el procedimiento de la activación de EM



Figura 8: Los tratamientos con la solución en % correspondiente se almacenaron para su activación durante el periodo de 1 semana.

Etapas 3: Análisis iniciales de la propiedades físico-químicas del suelo

Posterior a la elección del terreno se obtuvieron o muestras representativas del suelo para su respectivo análisis para conocer las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo.

Etapla 4: Aplicación de Microorganismos Eficientes

Aplicación de Microorganismos Eficientes con y sin compost

La utilización del compost tuvo como principal objetivo acondicionar el suelo para la actividad de los microorganismos eficientes que se aplicaron al suelo, en una proporción de 20%, considerando que el suelo del experimento tenía un contenido medio de materia orgánica ($MO = 2.5\%$), y en la medida que el tratamiento tenga una dosis alta, es de esperar observar los efectos en un pequeño volumen de suelo.

En la fase de laboratorio, se utilizó 200 gr de suelo muestreado que fueron colocados en vasos plásticos de 400 ml de capacidad, para cada unidad experimental, haciendo un total de 30 vasos. A la muestra de suelo se agregó la disolución que contenían los microorganismos eficaces, en un volumen de 10 ml por cada aplicación, una aplicación por semana durante 2 meses, haciendo un total de 80 ml de disolución aplicada en total, completando un periodo experimental de 8 semanas, la secuencia se puede apreciar en las **Figuras 9 a la 15**.



Figura 9: Tamizado de muestras de suelo



Figura 10: Pesado de muestras de suelo y adición de % de compost según corresponda a cada tratamiento



Figura 11: Aplicación de tratamientos de microorganismos eficientes



Figura 12: Muestras inoculadas con dosis de microorganismos (5%,10%,15% y 20%)



Figura 13: Tratamientos con microorganismos eficientes (5%,10%,15% y 20%) sin compost y sus 3 repeticiones

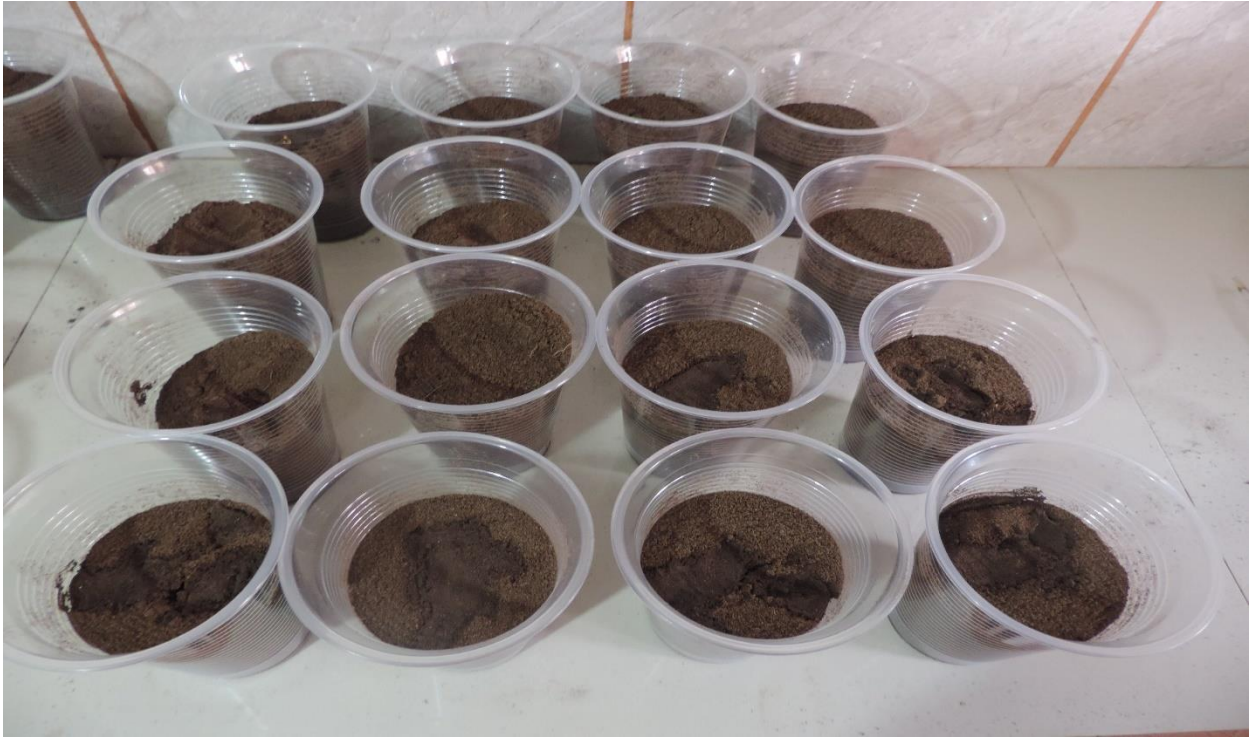


Figura 14: *Tratamientos con microorganismos eficientes (5%,10%,15% y 20%) con compost y sus 3 repeticiones*

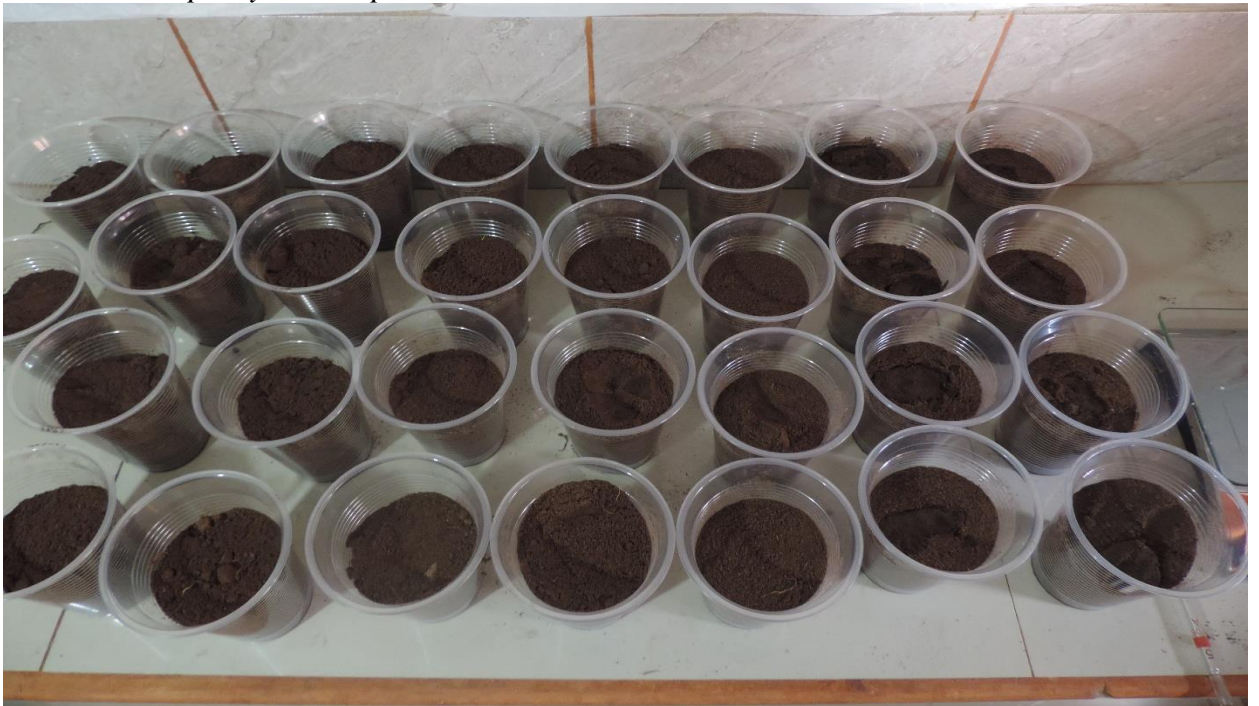


Figura 15. *Tratamientos enviados a laboratorio para su análisis fisicoquímico y analisis especial de cadmio*

3.6 Método de análisis de datos

Para la ejecución del análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva, en el cual se empleó Shapiro Will Wilk (aplicado para muestras menores a 30) para determinar si los datos del proyecto de investigación presentaron una distribución normal si el caso de los resultados obtenidos fuera mayor al 5% quiere decir ($p > 0.05$) se rechazará la hipótesis nula. Posterior se realizó el análisis de los supuestos de normalidad de varianza mediante la prueba Kuskal Wallis a los datos que no cumplieron con el valor de significancia, para determinar si los datos del proyecto de investigación presentaron una distribución normal, si el caso de los resultados obtenidos fuera menor al 5% quiere decir ($p < 0.05$) se rechazará la hipótesis nula. Con respecto al análisis de los resultados previamente después de ser rechazado la H_0 , se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) en algunos parámetros con la finalidad de determinar el tratamiento que tuvo mayor efecto positivo en las propiedades fisicoquímicas y redujo el contenido de cadmio del suelo.

3.7 Aspectos éticos

El proyecto de investigación respetará la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Como también, se ajusta a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificará mediante el turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación

IV. RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados en el trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

Análisis fisicoquímico inicial del suelo

Tabla 6: Resultado del análisis inicial del suelo del distrito de San Jerónimo.

Parámetros	Resultado
PH	7.98
Conductividad Eléctrica (dS/m)	0.46
CaCO ₃ (%)	15.32
Materia Orgánica (%)	2.05
Fosforo disponible (ppm)	18.5
Potasio disponible (ppm)	145
Textura	
Clase Textural	Franco
Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol/kg)	19.72

Fuente: Laboratorio de suelos, concretos y materiales, PRO INGEMA, Cusco.

En la Tabla 6, se puede apreciar; que el suelo muestra un pH moderadamente alcalino, mientras que en conductividad eléctrica un 0.46 dS/m, un 15.32% de carbonato de calcio, con un 2.05% de materia orgánica y un 18.5 ppm de fosforo disponible, finalmente un 145 ppm de potasio disponible, así mismo se observa la clase textural del suelo resulta como franco con una alta capacidad de cambio catiónico.

Análisis especial de contenido inicial cadmio del suelo

Tabla 7: Resultado de análisis inicial de contenido de Cadmio del suelo del distrito de San Jerónimo.

Parámetro	Resultado	ECA Suelos (Perú, 2017)
Cadmio total (ppm)	14.79	1,4

Fuente: Laboratorio de suelos, concretos y materiales, PRO INGEMA, Cusco.

El suelo, utilizado en este experimento; tiene contenido alto de cadmio, superando al Estándar de Calidad Ambiental de Suelos del Perú, en más de 10 veces, lo que califica como un suelo contaminado con Cadmio. Estos datos están presentados en la tabla 7, tomando como referencia el ECA de suelos del Perú (2017).

4.1 Efecto de los microorganismos eficientes en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Para el análisis de datos post tratamiento se tuvo que aplicar la prueba de normalidad a todos los parámetros fisicoquímicos considerados a evaluación.

Tabla 8: Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P_valor
pH	0,761	30	0,000
C.E.	0,940	30	0,089
CaCo3	0,900	30	0,009
M.O	0.936	30	0,070
P	0,782	30	0,000
K	0,923	30	0,032
CIC	0,888	30	0,004
Cd	0,938	30	0,080

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 8**, se puede apreciar los parámetros fisicoquímicos y contenidos de cadmio, que fueron evaluados mediante la prueba de normalidad Shapiro Wilk.

Efecto de los microorganismos eficientes en el pH

Prueba de Kruskal -Wallis

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de pH los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de pH.

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Resumen de contrastes de hipótesis			
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.
1	La distribución de pH es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,004
			Rechaza la hipótesis nula.

Figura 16: Resumen de contrastes de hipótesis

e) Interpretación:

La prueba Kuskal Walis indica que existe significancia estadística entre los promedios de los tratamientos de pH, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (Tabla 9).

Tabla 9: Estadísticos descriptivos del pH

Tratamiento	Válido	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
0% EM	3	7,2100	7,2300	7,00	7,40
5% EM	3	7,9033	7,8400	7,82	8,05
10% EM	3	7,8233	7,8000	7,73	7,94
15% EM	3	7,9833	7,9700	7,96	8,02
20% EM	3	8,0967	8,1000	8,09	8,10
0% EM + 20% Compost	3	7,9300	7,9000	7,89	8,00
5% EM + 20% Compost	3	7,8000	7,8100	7,76	7,83
10% EM + 20% Compost	3	7,9367	7,9300	7,90	7,98
15% EM + 20% Compost	3	7,9867	8,0300	7,90	8,03
20% EM + 20% Compost	3	8,0933	8,0900	8,06	8,13

Fuente: elaboración propia

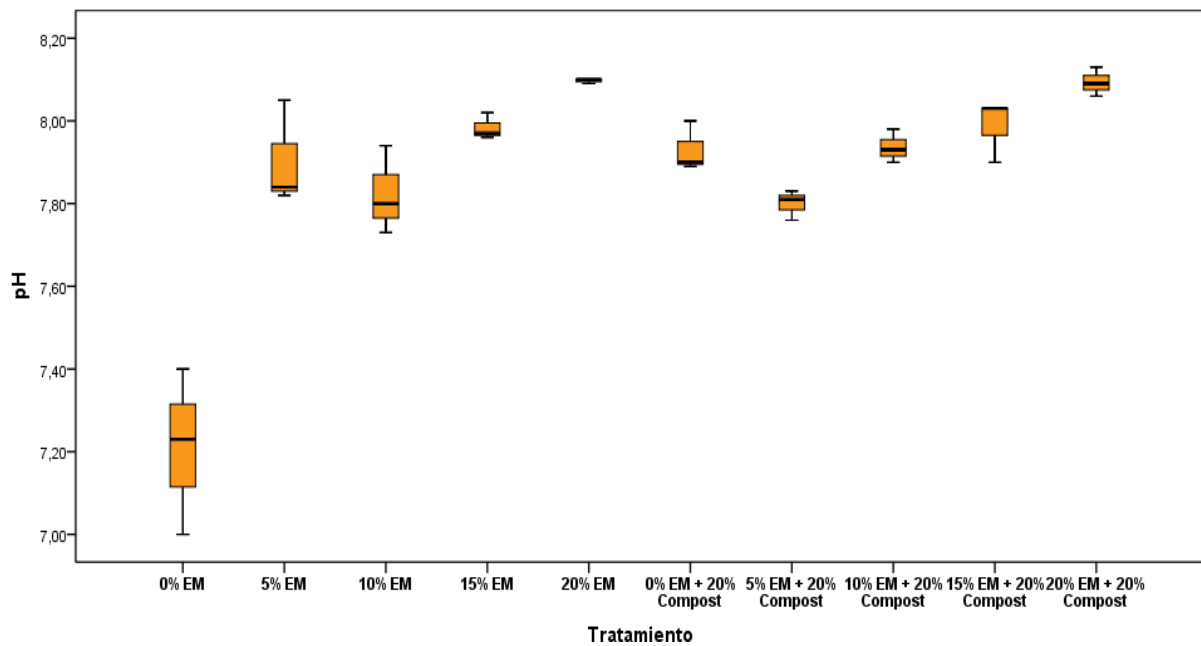


Figura 17: Valores de pH en el suelo para cada tratamiento

La **Figura 17**, presenta los valores de pH, siendo la aplicación del tratamiento de 20% EM (8.0967 pH) que presenta el valor máximo.

Efecto de los microorganismos eficientes en la Conductividad eléctrica (C.E)

Análisis de varianza ANOVA

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de C.E los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de C.E.

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Tabla 10: Análisis de varianza ANOVA en C.E

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P_valor
Entre grupos	145,086	9	16,121	13,730	0,000
Dentro de grupos	23,482	20	1,174		
Total	168,568	29			

Fuente: Elaboración propia

e) Interpretación: La prueba ANOVA indica que existe significancia estadística entre los promedios de los tratamientos para la conductividad eléctrica (C.E), por tanto, se rechaza la hipótesis nula, tal como se aprecia en la **Tabla 10** y **Tabla 11**.

Tabla 11: Valores aplicados a Prueba Tukey

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% EM + 20% Compost	3	,5100			
0% EM	3	1,2300			
5% EM	3	3,0100	3,0100		
5% EM + 20% Compost	3	3,4300	3,4300	3,4300	
10% EM	3		4,4433	4,4433	
10% EM + 20% Compost	3		4,8433	4,8433	
15% EM	3		5,2033	5,2033	5,2033
15% EM + 20% Compost	3		5,9200	5,9200	5,9200
20% EM	3			6,3267	6,3267
20% EM + 20% Compost	3				8,0800

Fuente: elaboración propia

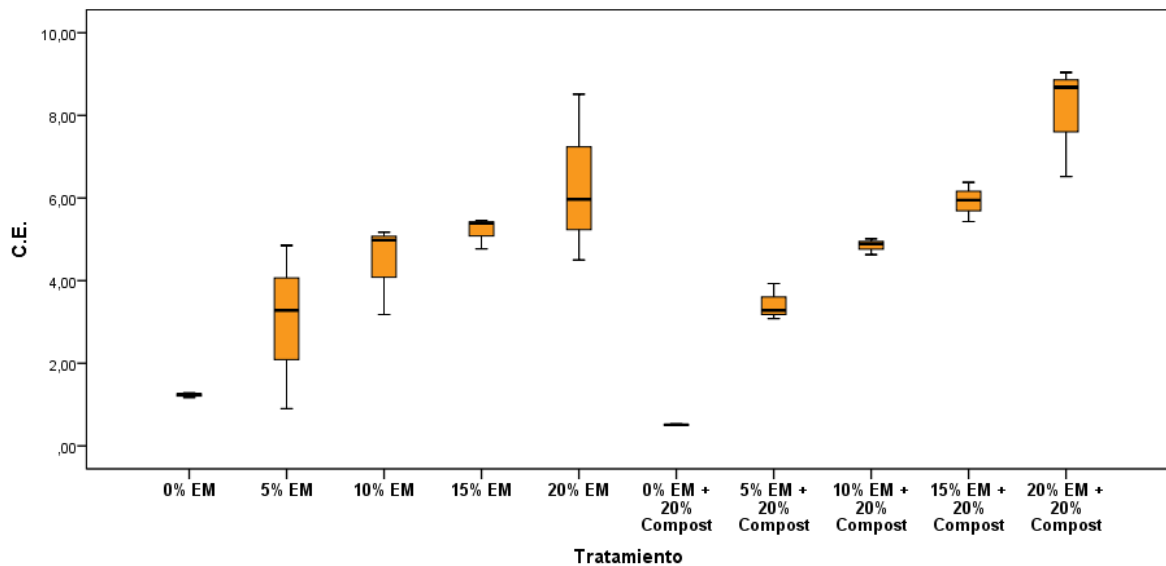


Figura 18: Valores de la conductividad eléctrica (CIC) en el suelo.

En la **Figura 18**, observamos que el tratamiento con mayor valor en cuanto al CIC es la aplicación del tratamiento 20% EM +20%compost (8,0800 cmol/kg)

Efecto de los microorganismos eficientes en el CaCO_3 del suelo

Prueba de Kruskal- Wallis

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de CaCO_3 los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de CaCO_3 .

b) Elección del nivel de significancia $\alpha = 0.05 = 5\%$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CaCo ₃ es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,002	Rechaza la hipótesis nula.

Elaboración propia

e) Interpretación:

La prueba Kruskal Wallis indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos CaCo₃. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 12: Estadístico de Carbonato de calcio CaCo₃

Tratamiento	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
0% EM	3	13,3767	13,4100	12,91	13,81
5% EM	3	13,3733	13,4000	12,90	13,82
10% EM	3	12,9067	12,9200	12,40	13,40
15% EM	3	13,0733	12,9100	12,90	13,41
20% EM	3	12,5767	12,4200	12,40	12,91
0% EM + 20% Compost	3	15,3000	15,3000	15,30	15,30
5% EM + 20% Compost	3	15,3000	15,3000	15,30	15,30
10% EM + 20% Compost	3	14,8133	14,8200	14,32	15,30
15% EM + 20% Compost	3	14,4667	14,3000	14,30	14,80
20% EM + 20% Compost	3	14,1467	14,3000	13,82	14,32

Fuente: elaboración propia

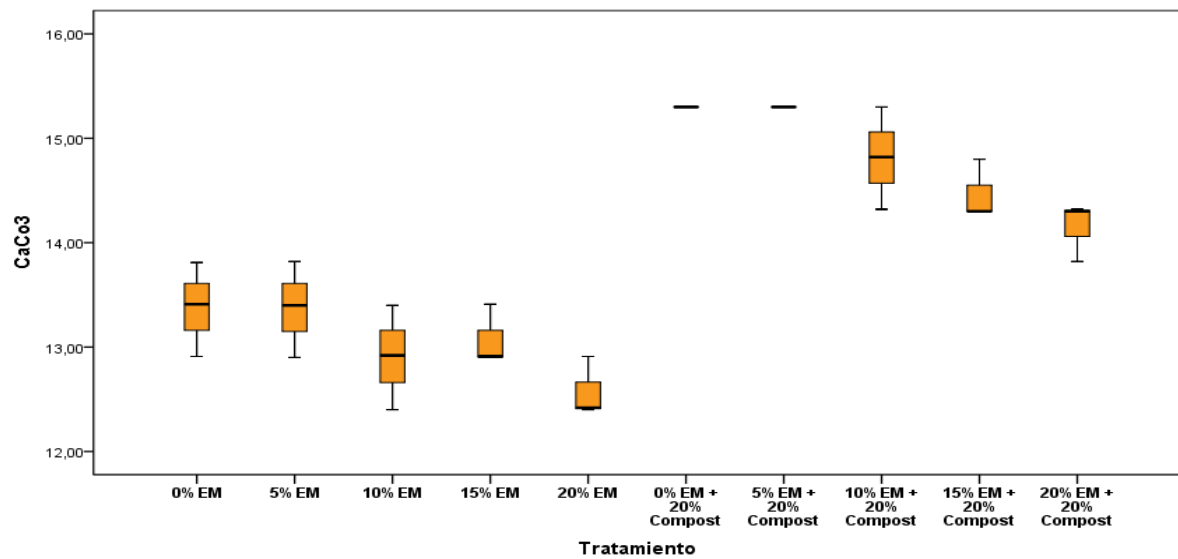


Figura 19: Valores del contenido de CaCO_3 en el suelo para cada tratamiento

En la figura muestra que el tratamiento con 0%EM+20% fue el que presentó 15.3 % de CaCO_3 al igual que el tratamiento de 5%EM+20% compost.

Efecto de los microorganismos eficientes en la materia orgánica del suelo

Análisis de Varianza ANOVA

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de M.O. los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de M.O.

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Tabla 13: Análisis de varianza ANOVA en materia orgánica

	Suma cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	72,548	9	8,061	515,839	,000
Dentro de grupos	,313	20	,016		
Total	72,860	29			

Fuente: elaboración propia

e) Interpretación:

La prueba ANOVA indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos M.O., por tanto, se rechaza la hipótesis nula, Tal como se muestra en las **Tablas 13 y 14**.

Tabla 14: Prueba de Tukey para M.O

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
0% EM	3	2,2033							
5% EM	3		3,5367						
10% EM	3			3,9967					
15% EM	3			4,3400	4,3400				
0% EM + 20% Compost	3				4,6967	4,6967			
20% EM	3					4,7067			
5% EM + 20% Compost	3						5,8100		
10% EM + 20% Compost	3						6,0567		
15% EM + 20% Compost	3							6,8567	
20% EM + 20% Compost	3								7,7167

Fuente: elaboración propia

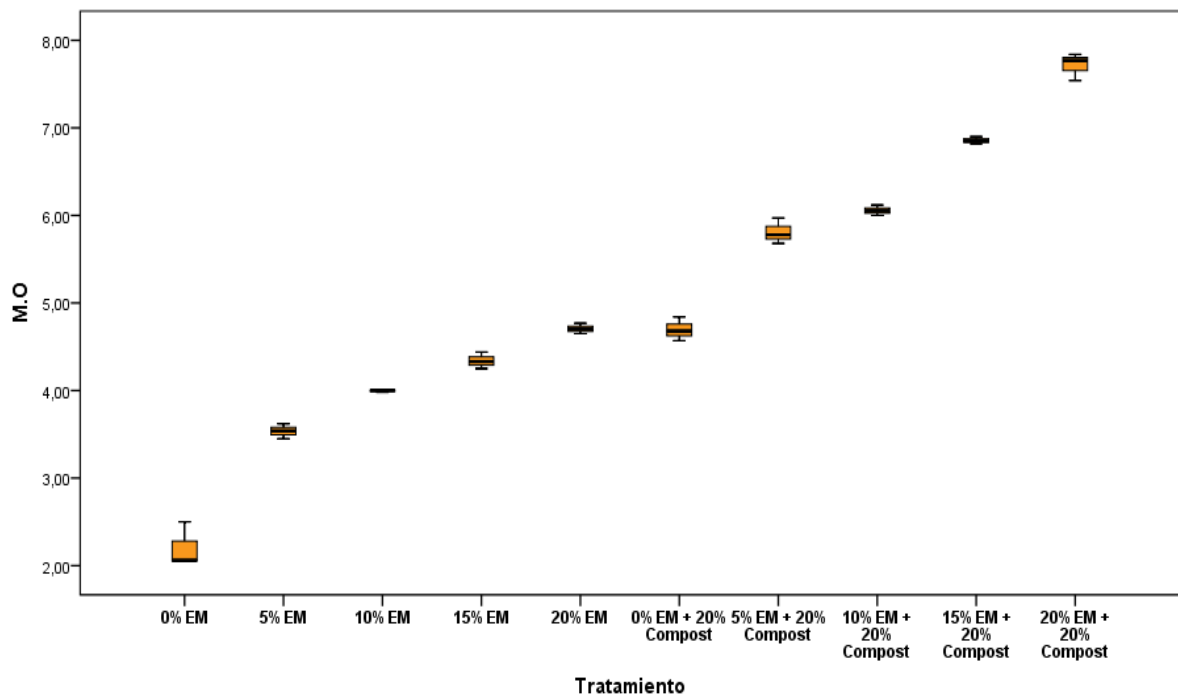


Figura 20: Valores de contenido de M.O en el suelo, para cada tratamiento.

En la **Figura 20** observamos el incremento máximo 7.71% de materia orgánica que corresponde al tratamiento 20%EM+20%compost.

Efecto de los microorganismos eficientes en el contenido de fósforo disponible.

Prueba de Kruskal -Wallis

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de P los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de P

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de P es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,001	Rechaza la hipótesis nula.

e) Interpretación:

La prueba Kruskal Wallis indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos P, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (**Tabla 15**).

Tabla 15: Estadísticos de contenido de fósforo (P) en el suelo

Tratamiento	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
0% EM	3	75,0767	75,2600	74,54	75,43
5% EM	3	78,8200	76,5400	76,41	83,51
10% EM	3	85,2433	84,6500	83,57	87,51
15% EM	3	89,5967	89,6100	88,65	90,53
20% EM	3	101,1133	100,6200	100,21	102,51
0% EM + 20% Compost	3	104,8933	104,2500	104,22	106,21
5% EM + 20% Compost	3	112,7400	113,6300	110,24	114,35
10% EM + 20% Compost	3	119,0533	119,3800	118,24	119,54
15% EM + 20% Compost	3	120,1233	120,3300	119,58	120,46
20% EM + 20% Compost	3	124,9867	125,4500	123,22	126,29

Fuente: elaboración propia

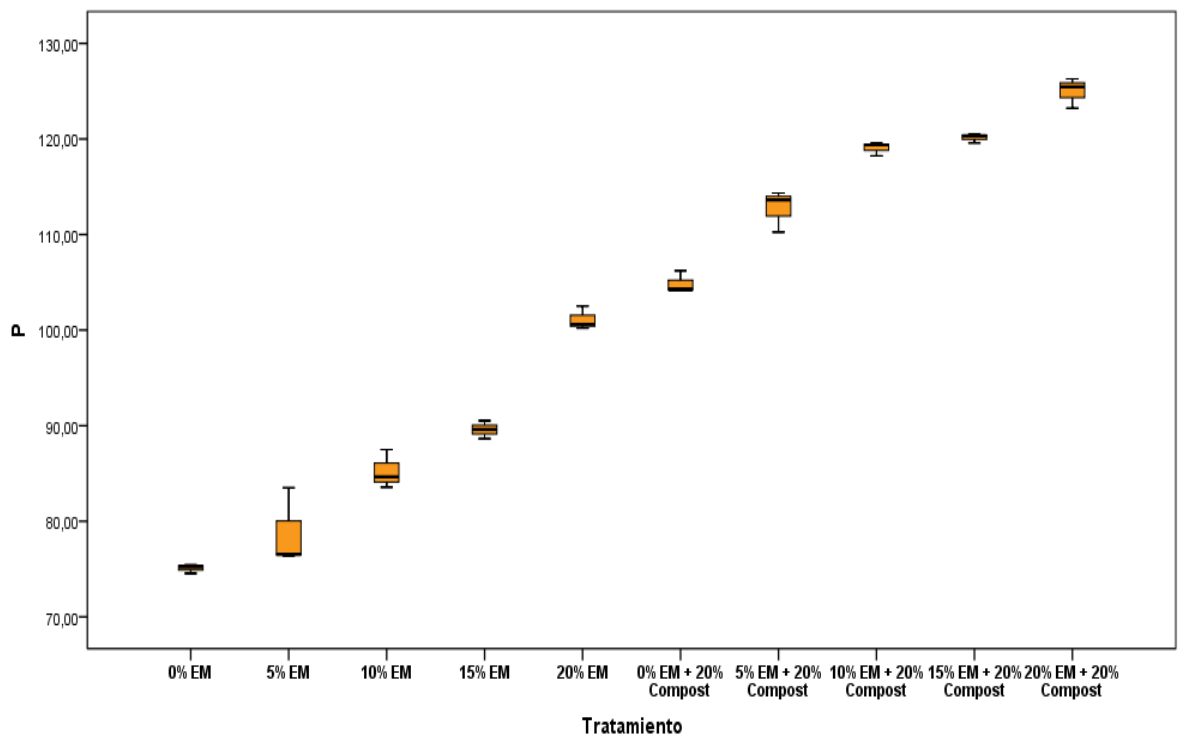


Figura 21: Valores del contenido de fósforo en el suelo

En la **Figura 21** observamos el mayor incremento de P con la aplicación del tratamiento 20%EM+20%compost (124.98 ppm).

Efecto de los microorganismos eficientes en el potasio disponible en el suelo

Prueba de Kuskán - Wallis

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de K los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de K.

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de K es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,001	Rechaza la hipótesis nula.

e) Interpretación:

La prueba Kruskal Wallis indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos K, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (**Tabla 16**).

Tabla 16: Estadísticos de contenido de Potasio (K)

Tratamiento	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
0% EM	3	395,6667	389,0000	384,00	414,00
5% EM	3	2661,0000	2305,0000	2056,00	3622,00
10% EM	3	3063,3333	3341,0000	2257,00	3592,00
15% EM	3	4688,0000	4690,0000	4492,00	4882,00
20% EM	3	5814,0000	5810,0000	5610,00	6022,00
0% EM + 20% Compost	3	267,3333	263,0000	243,00	296,00
5% EM + 20% Compost	3	1836,0000	1736,0000	1716,00	2056,00
10% EM + 20% Compost	3	3293,3333	3390,0000	3010,00	3480,00
15% EM + 20% Compost	3	4434,3333	4610,0000	4031,00	4662,00
20% EM + 20% Compost	3	5325,0000	5350,0000	5223,00	5402,00

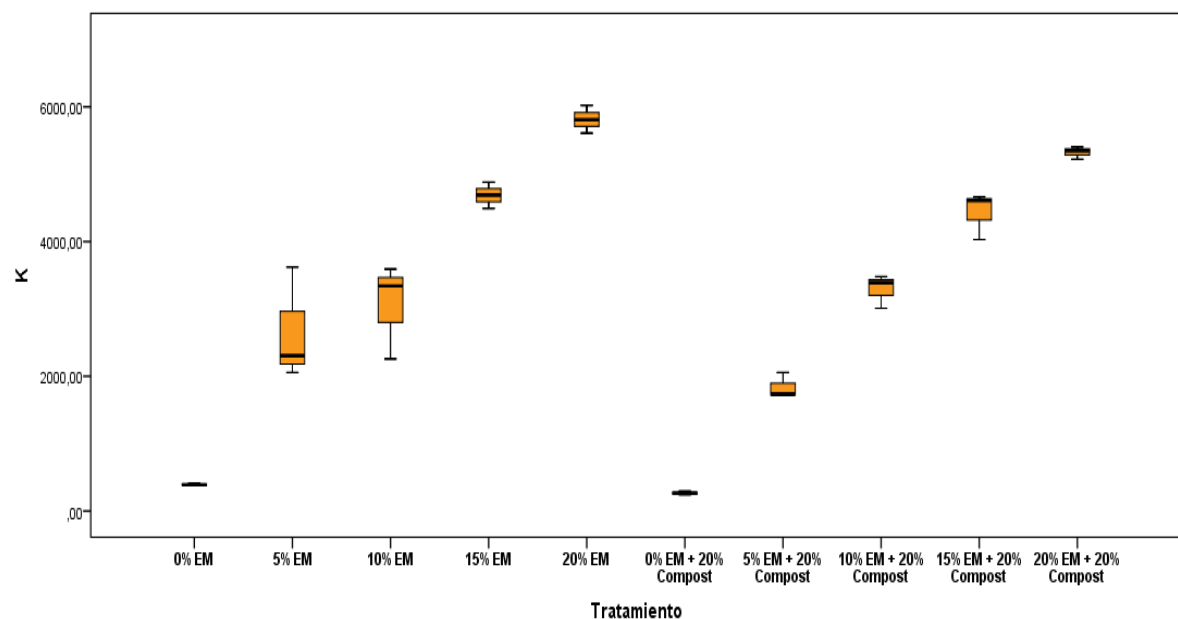


Figura 22: Valores de disponibilidad de potasio (P) en el suelo

En la **Figura 22** observamos el incremento de K con la aplicación del tratamiento 20%EM+20%compost.

Efecto de los microorganismos eficientes en la Capacidad de Intercambio Catiónico.

Prueba de Kuskal Wallis

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de CIC los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de CIC.

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CIC es la misma entre las categorías de Tratamiento.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,002	Rechaza la hipótesis nula.

e) Interpretación:

La prueba Kruskal Wallis indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos CIC, se rechaza la hipótesis nula (**Tabla 17**).

Tabla 17: Estadísticos de contenido de CIC

Tratamiento	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo
0% EM	3	23,7867	23,6800	22,08	25,60
5% EM	3	27,3067	26,8800	26,88	28,16
10% EM	3	27,3067	27,2000	26,88	27,84

15% EM	3	26,0800	25,7600	25,28	27,20
20% EM	3	26,3467	26,7200	25,44	26,88
0% EM + 20% Compost	3	18,4000	18,8800	17,28	19,04
5% EM + 20% Compost	3	20,4800	20,4800	20,48	20,48
10% EM + 20% Compost	3	20,3733	20,4800	19,84	20,80
15% EM + 20% Compost	3	20,3800	20,1700	19,69	21,28
20% EM + 20% Compost	3	22,5533	21,2800	20,81	25,57

Fuente: elaboración propia

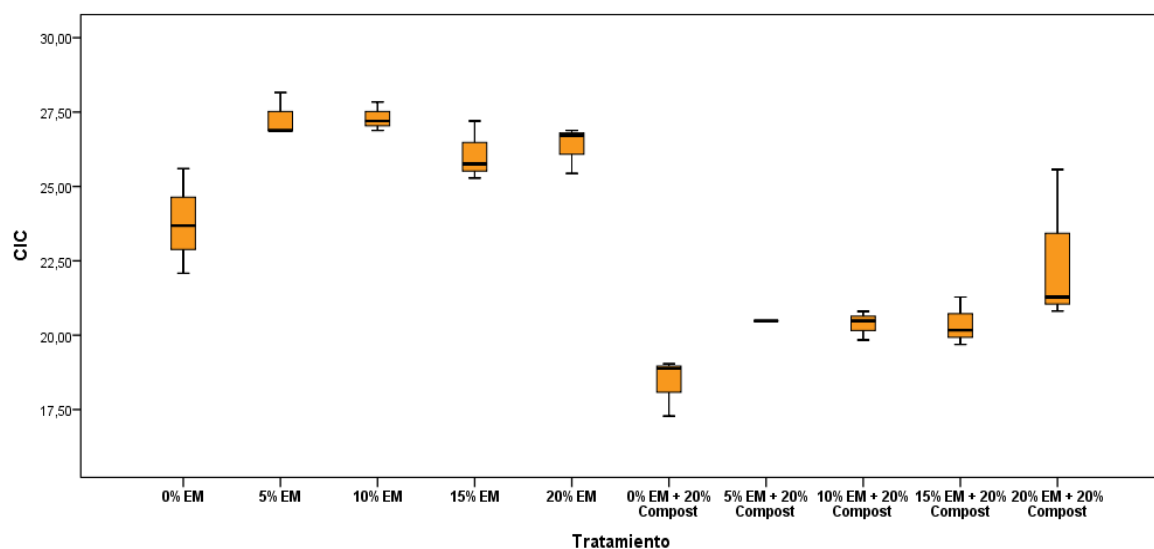


Figura 22: Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo

En la **Figura 23** observamos el incremento de CIC con la aplicación de los tratamientos de 5%EM (27.3067 meq/100 g) y 10%EM (26,0800 meq/100 g)

4.9 Contenido de Cadmio en el suelo después del tratamiento

a) Formulación de hipótesis

H_0 : No existe diferencia de concentraciones de Cd los 10 tratamientos

H_1 : Existe diferencia al menos en un tratamiento de Cd.

b) Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

c) Regla de decisión

Si $p_valor < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.

d) Estadístico de prueba

Tabla 18: Estadístico de Prueba ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P_valor
Entre grupos	13,526	9	1,503	13,974	0,000
Dentro de grupos	2,151	20	,108		
Total	15,677	29			

Elaboración propia

e) Interpretación: La prueba ANOVA indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los tratamientos Cd, por tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 19: Estadísticos de contenido de Cadmio en el suelo

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
20% EM + 20% Compost	3	12,9233			
10% EM + 20% Compost	3	13,1533	13,1533		
15% EM + 20% Compost	3	13,5033	13,5033	13,5033	
5% EM + 20% Compost	3		13,9300	13,9300	13,9300
0% EM + 20% Compost	3		13,9500	13,9500	13,9500
20% EM	3			14,3400	14,3400
15% EM	3				14,6633
10% EM	3				14,7100
5% EM	3				14,8167
0% EM	3				14,8500

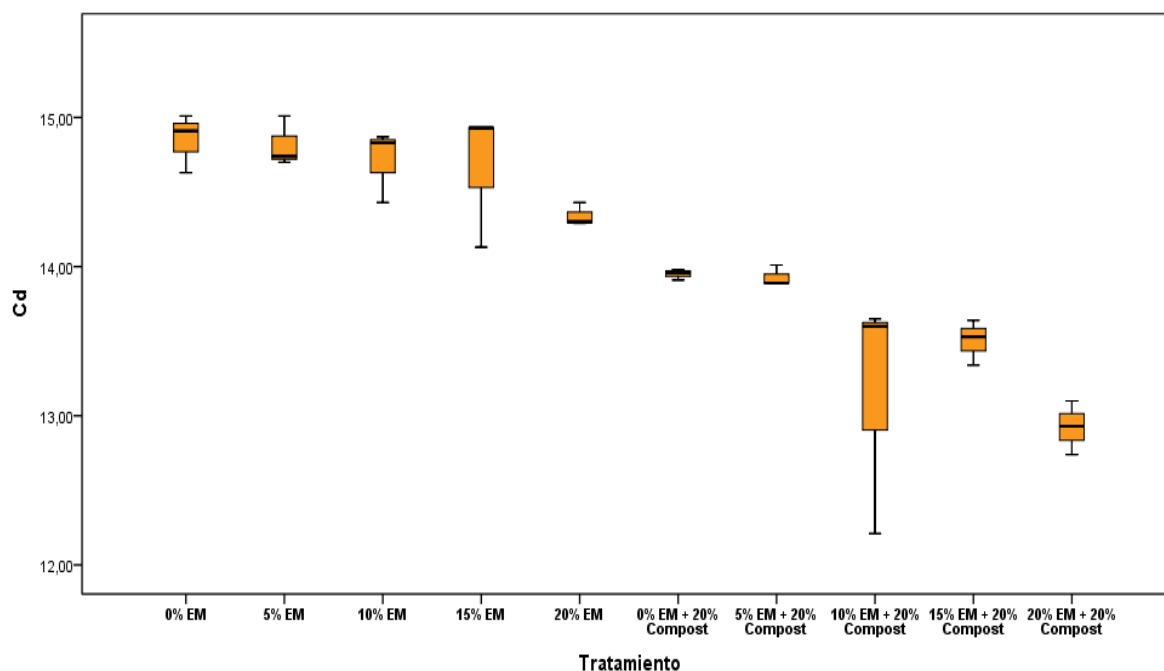


Figura 24: Valores del contenido de cadmio en el suelo

En la **Figura 24**, observamos que la aplicación del tratamiento 20%EM+20%compost removi6 en mayor valor (12,9233 ppm) en contenido de cadmio.

4.3. Contraste de resultados pre y post tratamientos

Los resultados obtenidos nos muestran un efecto positivo en relaci6n a las propiedades fisicoqu6micas y reducci6n del contenido de cadmio como se observa en la (tabla 20).

Tabla 2020: Contraste de resultados

Parámetros	Resultado Pre-tratamiento	Resultado Post-tratamiento
pH	7.98	8.09
Conductividad Eléctrica (dS/m)	0.46	5.92
CaCo3 (%)	15.32	12.9
Materia Orgánica (%)	2.05	7.71
Fosforo disponible (ppm)	18.5	124.98
Potasio disponible (ppm)	145	5325
Textura		
Clase Textural	Franco	Franco
Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol/kg)	19.72	22.55
Contenido de cadmio		
Cadmio total (ppm)	14.79	12.9233

En la **tabla 20** se puede observar el contraste de resultado que se presenta sobre las propiedades fisicoquímicas y el contenido de cadmio en el suelo de San Jerónimo antes y después de la aplicación de tratamientos, la comparativa se realiza con el tratamiento 20%EM+20%compos ya que fué el tratamiento con mejores resultados. El contraste describimos a continuación por cada parámetro evaluado:

- **pH.** Inicialmente el suelo del distrito de San Jerónimo presenta un pH moderadamente alcalino y posterior al tratamiento se mantiene el grado de alcalinidad siendo el valor final pH 8.09, debido probablemente a la solubilización de CaCo₃ presentes en el suelo.
- **CaCo₃.** El porcentaje de CaCo₃ inicial se reduce de 15.32% disminuyendo posterior a la aplicación de EM y compost 12.9%, que puede evidenciarse con la asimilación microbial de calcio soluble.
- **Materia orgánica.** El porcentaje de materia orgánica presente en el suelo inicial es de 2.52% incrementando el valor de este parámetro después de la aplicación del tratamiento llegando a obtener 7.71% de materia orgánica en el suelo.

- **Fosforo.** El contenido de fosforo inicial fue de 18.5 ppm, incrementando de manera significativa posterior a la aplicación del tratamiento, llegando a alcanzar un valor de 124.98 ppm de fosforo en el suelo.
- **Potasio.** El contenido de potasio inicial fue de 145 ppm, incrementando de manera significativa posterior a la aplicación del tratamiento, llegando a alcanzar un valor de 5325 ppm de potasio en el suelo.
- **CIC.** La capacidad de intercambio catiónico inicial fue 17.72 cmol/kg incrementando de manera significativa posterior a la aplicación del tratamiento, llegando a alcanzar un valor de 22.55 cmol/kg debido a la aplicación conjunta de microorganismos eficientes y compost.
- **Contenido de Cadmio.** En los resultados obtenido se observa la disminución en el contenido de cadmio partiendo de 14.72 ppm antes de aplicar el tratamiento, llegando a obtener un valor de 12.923 posterior a la aplicación de tratamientos conjuntos de microorganismos eficientes y compost.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Análisis de los resultados en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

En la **tabla 9** se muestran los resultados de valores pH, donde el valor máximo alcanzado es 8.0933 (moderadamente alcalino); lo cual atribuye al efecto de CaCO_3 presente en el suelo (tabla 5), que aumento la alcalinidad del suelo, debido a la acción de los EM, quienes, por medio de su acidez, solubilizan el CaCO_3 y los iones carbonatos producen hidroxil, incrementando el pH del suelo. De acuerdo con KIDD (2007) el pH del suelo es un parámetro determinante en la movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados.

En cuanto a los resultados de Conductividad Eléctrica como se puede observar en la **tabla 11**, alcanzo un nivel de 8.08 dS/m, esta concentración de sales clasifica como suelos salinos; cuando son >4 dS/m según MINAM, (2009). Estos resultados son superiores a los hallados en la investigación titulada “Influencia de microorganismos eficaces (EM-compost) en la producción de compost de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Concepción, 2016” (HUAYLLANI, 2017) La conductividad eléctrica (CE) de sus tratamientos con dosis con aumento progresivo de Microorganismos eficientes + compost, produjeron valores entre 1.8453 dS/m y 1.9427 dS/m.

En la **tabla 12** se muestra que el contenido de CaCO_3 disminuyó su valor a 12.9% después del tratamiento con microorganismos eficientes (EM), BEJARANO Y DELGADILLO (2007), indican que la solución de microorganismos eficientes (EM) se mantienen en un pH menor que oscila entre 3,0 y 4,0 lo que favorece la solubilidad del (CaCO_3), por lo que estos resultados se atribuyen al carácter ácido que le dan los microorganismos eficientes al suelo.

Así mismo, en la **tabla 14** podemos apreciar el incremento de materia orgánica al 7.71%, valor que califica en el nivel alto de contenido de materia orgánica (>4 %), según la Guía de Clasificación de Parámetros Edáficos (MINAM, 2014). PEREZ(2016) indica que el aumento de materia orgánica (M.O) del suelo mejora

las propiedades fisicoquímicas del suelo como la retención de agua, el tamponamiento de pH, el incremento de la CIC y el contenido de nutrientes esenciales, así como las biológicas, población y actividad microbial, beneficiando el progreso de recuperación de suelos contaminados, coincidiendo con sus resultados y concluye que la tecnología de EM tiene un efecto positivo en la reconstrucción geomorfológica al mejorar las propiedades microbiológicas y también las propiedades fisicoquímicas.

Los resultados mostrados en la **tabla 15** sobre el contenido de fósforo en el suelo incrementó a 124.98 ppm con los tratamientos de microorganismos eficientes, este resultado obtenido está dentro del rango de niveles altos de fósforo en el suelo $P > 14$ ppm; al igual que los resultados del incremento de potasio que se observan en la **tabla 16** posterior a la aplicación de EM, cuyo valor obtenido es 5325 ppm; este resultado cataloga como valores altos $K > 240$ ppm (MINAM, 2009), teniendo en cuenta que los microorganismos eficientes (EM) aumentan la descomposición de M.O (compost) y la solubilidad de suelo, por su carácter ácido, favorecen la liberación de potasio, incrementando su disponibilidad en el suelo.

En cuanto a los resultados de la CIC observados en la **tabla 17**, se muestra un incremento hasta 22.55 cmol/kg, según MINAM, (2009) este valor califica como suelos de alta Capacidad de Intercambio Catiónico, este aumento de la CIC es por acción de los EM aplicados al suelo, quienes al descomponer la M.O presente y la M.O agregada (Compost) incrementa las cargas eléctricas superficiales de este coloide, es así que la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo se incrementa. Los resultados obtenidos son similares a los hallados por DIAZ et al.,(2009), quienes evaluaron el efecto de EM sobre la actividad de intercambio catiónico en plantas de Acacia (*Acacia melanoxylon*) con la finalidad de recuperar un suelo en Mondoñedo, Cundinamarca, encontrando que fue la dosis de 5% de microorganismos eficientes, que incrementó el CIC del suelo con la mezcla de abonos orgánicos en dosis de una libra por cada uno, y con la fertilización sintética por manganeso, cobre, zinc, fósforo y boro.

Análisis de los resultados en el contenido de cadmio en el suelo.

Los valores se muestran en la **tabla 19**, donde se observa que el contenido de cadmio en el suelo disminuye a 12.93 ppm, conforme se incrementaban las dosis de microorganismos eficientes. Estos resultados tienen la misma tendencia por lo hallado en la investigación: “Influencia de microorganismos eficaces (EM-compost) en la producción de compost de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales, Concepción, 2016” donde llega a concluir que los microorganismos al descomponer la materia orgánica en humus, este realiza el proceso de adsorción, reteniéndolo a los metales (HUAYLLANI H, 2017).

En ese contexto la **tabla 20** nos muestra que la aplicación de microorganismos eficientes tiene un efecto benéfico en la recuperación de los suelos contaminados. (LLANOS, 2018) sostiene que los EM cuentan con características particulares y útiles en procesos de biorremediación, entre las que se encuentran la quelación de metales pesados y la descomposición de M.O, características que favorecen y benefician la disminución el contenido de metales pesados en un suelo.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que la aplicación de microorganismos eficientes mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo, en los siguientes parámetros: C.E. (8.08 dS/m); M.O (7.71%), P (124.98 ppm); K (5325.00 ppm); CIC (22.5533).
2. Se determinó que los tratamientos aplicados de microorganismos eficientes no tuvieron efecto significativo en cuanto a la reducción de contenido de cadmio del suelo experimentado, habiéndose encontrados un valor inicial de cadmio (14.72 ppm), siendo el valor final de contenido de cadmio (12.92 ppm). Esta disminución obedece a la descomposición la materia orgánica añadida, este compuesto orgánico realiza el proceso de adsorción, reteniendo a los metales por lo que en el análisis de laboratorio presenta bajas concentraciones. (HUAYLLANI H, 2017).
3. La aplicación de microorganismos eficientes mejoró la fertilidad del suelo, desde un nivel medio (debido a la adición de materia orgánica) hasta un nivel alto (incremento de conductividad eléctrica, materia orgánica, fosforo, potasio y capacidad de intercambio catiónico).

VII. RECOMENDACIONES

Las nuevas investigaciones considerar la aplicación de microorganismos eficientes en suelos contaminado con cadmio, conjuntamente con diferentes tipos de abonos orgánicos como humus de lombriz, guano de islas para determinar el efecto en suelos contaminados con cadmio.

Evaluar los suelos agrícolas de San Jerónimo, contaminados con cadmio, con la aplicación de microorganismos eficientes y compost, y su incidencia en el desarrollo de plantas que se cultivan en la zona, como hortalizas, para determinar la relación con el rendimiento de cultivos.

Evaluar el efecto de la aplicación de tecnología EM conjunta una especie vegetal no palatable como una opción de fitorremediación, para determinar el efecto e incidencia en la reducción del contenido de cadmio total en el suelo.

VIII. REFERENCIAS

Alloway, B J. 2013. *Alloway, B.J. Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In. B.J. Alloway (ed.). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability, Environmental Pollution 22. Springer. 2013.*

ALVAREZ, M. 2018. *Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay - Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa.* Lima : Tesis (Doctoral en Ingeniería y Ciencias Ambientales) Universidad Agraria La Molina, 2018.

APROLAB. 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú. Instructivo N° 001. [Online] 2007. [Cited: Diciembre 26, 2020.] <https://silo.tips/download/elaborado-por-programa-pase>.

BASTA, N A. 2001. Chemical immobilization of lead, zinc, and cadmium in smelter-contaminated soils using biosolids and rock phosphatase. J. Environ. Qual. 30. [Online] 2001. [Cited: Enero 15, 2021.] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11476499/>. 1222-1230.

BEJARANO B, E P and DELGADILLO, S M. 2007. Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM). [Online] 2007. [Cited: Diciembre 26, 2020.] https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/667/.

CHRISTENSEN, T H. 1984. Cadmium soil sorption at low concentrations. I. Effect of time, cadmium load, pH, and calcium. Water, Air, and soil pollution, 21 (1-4), 105-114. [Online] 1984. [Cited: Enero 2020, 11.]

COARITE, N and MASCO, J. 2019. Evaluar los efectos de los microorganismos eficientes (ME) sobre las propiedades químicas del suelo en el Distrito de Coata. Puno : Tesis (Ingeniero Ambiental) Universidad Peruana Unión), 2019.

CORREA, M. 2005. ¿Cuál es la Tecnología de Microorganismos Eficaces? ¿Cómo

nos puede ayudar? Publicado en Material del Cusco Resistencia: Lecciones de Civilidad. [Online] 2005. [Cited: Diciembre 26, 2020.] <http://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=13617>.

DALY, M J and STEWART D, P C. 1999. *Influence of Effective microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization-A preliminary investigation. Journal of Sustainable Agriculture.* 1999.

DALY, M J and STEWART, D P.C. 1999. Stewart. Influence of effective microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization - A preliminary investigation. Revista Taylor and Francis Online. [Online] Abril 1999. [Cited: Diciembre 20, 2020.] https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J064v14n02_04.

DIAZ, O and MONTERO, D. 2006. *Determinación de la acción de EM (microorganismos eficientes) bajo condiciones de invernadero, sobre la actividad de intercambio catiónico, en la recuperación de un suelo de Mondoñedo.* Bogotá : Tesis (Ingeniero Ambiental y Sanitario) Universidad de la Salle, 2006.

FASSBENDER, H W AND BORNEMISZA, E. 1987. *Bornemisza. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura.* San José- Costa Rica : s.n., 1987.

GARCIA, J. 2006. Comparación de la fertilización orgánica y convencional a partir del uso de microorganismos eficaces y químicos tradicionales sobre la producción de biomasa durante un ciclo de cosecha en un cultivo de rábano gordo (*Rhapanus sativus* L.). [Online] 2006. [Cited: Diciembre 26, 2020.]

HIGA, T and PARR, J F. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center. Atami, Japan. [Online] 1994. [Cited: Diciembre 26, 2020.] <https://www.the-compost-gardener.com/support-files/em-1-higa-paper.pdf>.

HOODA, P S and ALLOWAY, B J. 1991. Effects of time and temperature on the bioavailability of Cd and Pb from sludge-amended soils. J.Soil Sci. 1993. [Fecha de consulta: 03 de enero de 2021]. [Online] 1991. [Cited: Enero 3, 2021.]

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2389.1993.tb00437.x>. 101-111.

HOYOS, D, ALVIS, N and JABIB, L. 2008. Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. [Online] 2008. [scielo/www/htdocs](https://scielo.org/j/htdocs).

HUAYLLANI H, K O. 2017. *Influencia de microorganismos eficaces (Em-compost) en la producción de compost de lodos de la planta de tratamineto de agua residual, concepción*. Huancayo : Tesis (ingeniero Ambiental) Universidad Continental, 2017.

KHALIQ, A, ABBASI, K and HUSSAIN, T. 2006. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. National Center for Biotechnology Information. [Online] 2006. [Cited: Diciembre 13, 2020.] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16023343/> . 97967-972.

LLANOS. 2018.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5124/1/IV_FIN_107_TE_Llanos_Quispe_2018.pdf. [Online] 2018. [Cited: diciembre 15, 2020.]

LONDOÑO, L. 2016. Risco de metais pesados na saúde humana e animal. Revista Biotecnología en el Sector Agrario. [Online] 2016. [Cited: Febrero 07, 2021.] [//www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612016000200017&script=sci_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612016000200017&script=sci_abstract&tlng=pt) 2.

MELGAREJO, M. 2018. *Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de Helianthus annuus L. en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne*. Puno : Tesis (Ingeniero Ambiental) Universidad Cesar Vallejo, 2018.

MINAN. 2012. Dirección General de Calidad Ambiental. Glosario de términos para la Formulación de Proyectos Ambientales. [Online] 2012. [Cited: Diciembre 26, 2020.]

<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp>

content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf.

—. **2017.** *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Decreto Supremo N° 011- 6.* Lima - Perú : s.n., 2017.

—. **2014.** *Guía para muestreo de suelos. Ministerio del Ambiente.* Lima - Perú : s.n., 2014.

—. **2009.** MINAM. *Guía de Clasificación de Parámetros Edáficos. En: Reglamento de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor.* Lima - Perú : s.n., 2009.

MIRSAL, I A and SOIL, P. 2010. *Origin, Monitoring & Remediation.* s.l. : 2nd edition Springer, 2010.

NICHOLSON, F A. 2003. *An inventory of heavy metal input to agricultural soil in England and Wales.* Inglaterra y Gales : The Science of the Total Environment 311, 2003. 205-219.

PEREZ, A A. 2016. *Efecto de la tecnología de microorganismos eficaces en suelos intervenidos antrópicamente del parque forestal embalse del Neusa, departamento de Cundimarca.* Bogotá: : (Licenciatura en Biología) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.

PINTO, E. 2003. Heavy metal–induced oxidative stress in algae. *Revista Journal of Phycology.* [Online] Noviembre 2003. [Cited: Diciembre 26, 2020.] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0022-3646.2003.02-193.x>.

RAMIREZ, R. 1997. *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos.* Ministerio 7 de Agricultura. [Online] 1997. [Cited: Enero 10, 2020.] <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>.

SANGKKARA, U. 2002. *The technology of effective Microorganisms. Case Studies of Application.* Royal Agricultural College.Peradeniya. University of Peradeniya. [Online] 2002. [Cited: Enero 27, 2021.] <http://futuretechtoday.net/em/sang.htm>.

Sariano V, J A. 2016. *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis*

de “microorganismos eficaces – Concepción. Huaycayo : Tesis (Ingeniero Forestal y Ambiental) Universidad Nacional del Perú, 2016.

SSSA. 2008. Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Society of America. Madison, W.I. . [Online] 2008. [Cited: Diciembre 26, 2020.]

TAN, K H. 2010. *Principles of soil chemistry*. s.l. : Fourth edition. CRC Press, 2010.

WAN, Y. 2016. Effects of the addition and aging of humic acid-based amendments on the solubility of Cd in soil solution and its accumulation in rice. *Revista Science Direct*. Abril 2018. . [Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2020]. [Online] 2016. [Cited: Diciembre 26, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565351830002X?via%3Dihub> . 101 - 016.

WONG, A. 2017. *Determinación de cadmio (Cd) en suelo de cultivo para cacao CCN 51 mediante análisis de espectroscopía de absorción atómica*. Ecuador : Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Guayaquil, 2017.

ZAVALETA, G A. 1992. *El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional*. Lima - Perú : s.n., 1992.

ANEXO

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	
¿Cuál es el efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes (EM) en las propiedades fisicoquímicas y contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco?	Determinar el efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes (EM) en las propiedades fisicoquímicas y contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco	El uso de los microorganismos eficientes (EM) mejorarán las propiedades fisicoquímicas del suelo y disminuirá la cantidad total de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia y Cusco	VI: Microorganismos eficientes y compost	Dosis de microorganismos eficientes
				Dosis de ME + Compost
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable Dependiente	
¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5%, 10%, 15% y 20%, con y sin compost, en las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco?	Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5%, 10%, 15% y 20% con y sin compost, en las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco	Las dosis de 5%, 10%, 15% y 20% de microorganismos eficientes (EM), con y sin compost, mejorarán las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco	VD: Recuperación de suelo contaminado	Efecto de en las propiedades fisicoquímicas del suelo
¿Cuál es el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5%, 10%, 15% y 20%, con y sin compost, en el contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco?	Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes (EM), en dosis de 5%, 10%, 15% y 20% con y sin compost, en el contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco	Las dosis de 5%, 10%, 15% y 20% de microorganismos eficientes (EM), con y sin compost, disminuirá el contenido de cadmio total un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco?		Efectos en el contenido de cadmio en el suelo

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Variables

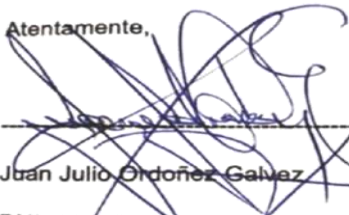
Variables	Definición conceptual	En la presente investigación	Dimensiones	Indicadores	Escala/ unidad de medición
VI/V1 Microorganismos Eficientes	Cultivo mixto de organismos benéficos de origen natural, aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbial de los suelos y plantas. (Hoyos,2008)	Para el tratamiento del suelo contaminado con cadmio, se procedió a seleccionar las dosis de ME y compost, los cuales era utilizado de la manera siguiente: - Primer proceso, solo se aplicarán los ME - Segundo proceso se aplicará los ME + compost	Dosis de EM-1	Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM	%
			ME + compost	Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM+20% de Compost	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM+20% de Compost	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM+20% de Compost	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM+20% de Compost	%
				Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM+20% de Compost	%
	Propiedades físico-químicas del suelo: Características propias del suelo que determinan su calidad y productividad.	Para determinar la influencia de los microorganismos eficientes en recuperación del suelo se empleará el análisis de propiedades químicas del suelo y concentración de cadmio en el suelo.	Efecto de en la propiedad fisicoquímica del suelo Antes y después	pH	Acido/base
VD/V2 Recuperación de suelo contaminado	Concentración de Cadmio en el suelo: Cantidad de cadmio del suelo, que puede ser asimilado por organismos y la planta.			CaCO3	mg/kg
				Contenido de P	mg/kg
				Contenido de K	meq/100g
				CIC	dS/m
				Conductividad eléctrica	mg/kg
			Efectos en el contenido de cadmio en el suelo Antes y después	Concentración de Cadmio total	

Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1. Análisis preliminar de propiedades fisicoquímicas del suelo													
Título del proyecto	Microorganismos Eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco												
Responsable	Hardy Minerva, Kcana Puma												
Asesor	Dr. Juan Julio, Ordoñez Gálvez	Fecha							Hora				
Lugar													
Dimensiones	Análisis preliminar de caracterización del suelo												
Indicadores	pH	C.E.	CaCo3	M.O	P	K	Cd	Clase Textural		Ca+2	Mg+2	K+	AL+3+H+
Unidad de Medida	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	ppm		CIC	meq/100g			


 Dr. HORACIO ARÓSTEGUI
 CIP N° 25450


 BENIER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 2. Análisis de efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo													
Título del proyecto	Microorganismos Eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco												
Responsable	Hardy Minerva, Kcana Puma												
Asesor	Dr. Juan Julio, Ordoñez Gálvez	Fecha								Hora			
Lugar													
Dimensiones	Propiedades fisicoquímicas del suelo												
Unidad de Medida	pH	C.E.	CaCo3	M.O	P	K	Cd	Clase Textural	CIC	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	AL ⁺³ +H ⁺
	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	ppm			meq/100g			
Indicadores													
Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM													
Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM													
Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM													
Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM													
Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM													
Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM+20% de Compost													
Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM+20% de Compost													
Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM+20% de Compost													
Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM+20% de Compost													
Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM+20% de Compost													

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308


 BENITO GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998


 DR. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

Ficha 3. Análisis de efectos en el contenido de cadmio en el suelo

Título del proyecto	Microorganismos Eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco			
Responsable	Hardy Minerva, Kcana Puma			
Asesor	Dr. Juan Julio, Ordoñez Gálvez	Fecha		Hora
Lugar				
Dimensiones	Efectos en el contenido de cadmio en el suelo			

Número muestra	Cd
Indicador	Ppm
Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM	
Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM	
Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM	
Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM	
Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM	
Suelo contaminado (Cd)+ 0% EM+20% de Compost	
Suelo contaminado (Cd)+ 5% EM+20% de Compost	
Suelo contaminado (Cd)+ 10% EM+20% de Compost	
Suelo contaminado (Cd)+ 15% EM+20% de Compost	
Suelo contaminado (Cd)+ 20% EM+20% de Compost	

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308


BENIER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998


DR. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

Anexo 4. Validación de instrumentos



SOLICITUD: Validación de instrumentos
de recojo de información

Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO

Yo Hardy Minerva Kcana Puma identificada con DNI N° 73106359; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Microorganismos Eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento, fichas de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 15 de febrero del 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hardy Minerva Kcana Puma', written over a horizontal line.

Kcana Puma, Hardy Minerva

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de efecto en las propiedades físicoquímicas del suelo**
 1.5. Autora del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: del 2020

90%

Atentamente, Lima, 15 de febrero

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación:

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de efectos en el contenido de cadmio en el suelo**

1.5. Autora del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X			
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

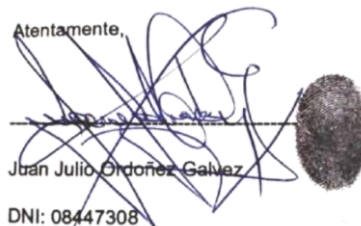
SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima 15 de febrero del 2020

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

SOLICITUD: Validación de instrumentos
de recojo de información

Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES

Yo Hardy Minerva Kcana Puma identificada con DNI N° 73106359; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Microorganismos Eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento, fichas de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 15 de febrero del 2020



Kcana Puma, Hardy Minerva

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis preliminar de propiedades fisicoquímicas del suelo**
- 1.5. Autoras del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 15 de febrero del 2020


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER**
 1.7. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.8. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo**
 1.10. Autoras del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 15 de febrero del 2020


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71996

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER**
 1.12. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.13. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de efectos en el contenido de cadmio en el suelo**
 1.15. Autoras del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 15 de febrero del 2020


ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71996

SOLICITUD: Validación de instrumentos
de recojo de información

Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO

Yo Hardy Minerva Kcana Puma identificada con DNI N° 73106359; alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: “Microorganismos Eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco”, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento, fichas de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 15 de febrero del 2020



Kcana Puma, Hardy Minerva

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. en Ingeniería Ambiental, Maestro en Ingeniería Química Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis preliminar de propiedades fisicoquímicas del suelo**
 1.5. Autoras del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 15 de febrero del 2020


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
 1.7. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.8. Especialidad o línea de investigación: **Dr. en Ingeniería Ambiental, Maestro en Ingeniería Química Ambiental**
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo**
 1.10. Autoras del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 15 de febrero del 2020


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

VALIDACION DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
 1.12. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.13. Especialidad o línea de investigación: **Dr. en Ingeniería Ambiental, Maestro en Ingeniería Química Ambiental**
 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis de efectos en el contenido de cadmio en el suelo**
 1.15. Autoras del Instrumento: **Kcana Puma Hardy Minerva**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 15 de febrero del 2020


 Dr. HORACIO ACOSTA S
 CIP N° 25450

Anexo 5. Análisis de caracterización de suelo inicial



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y MATERIALES

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Solicitante: HARDY MINERVA KCANA PUMA
Localidad: CUSCO
Fecha de entrega: 20 /12/2020
Fecha de recepción: 23 /12/2020

Número de Muestra		pH	C.E.	CaCo3	M.O	P	K	Análisis Mecánico				Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Clave							Arena	Limo	Arcilla	Ca+2			Mg+2	K +	Na+	AL+3+ H+				
								%	%	%								meq/100g			
869	1	7.98	0.46	15.32	2.05	75.02	145	35	48	17	Fr	19.72	2.75	0.50	0.08	0.08	00.00	20.16	20.16	100	

A.= Arena; A. Fr. = Arena Franca; Fr.A.= Franco Arenoso; Fr.= Franco; Fr. L.= Franco Limoso; Fr. Ar. A.= Franco Arcillo Arenoso; Fr. Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar. L= Franco Arcillo Limoso; Ar.A.= Arcillo Arenoso; Ar.L.= Arcillo Limoso; Ar.= Arcilloso

Número de Muestra		Pb	Cd	Cr
Lab	Clave			
869	1	17.00	14.85	16.79



Dirección: Calle San Juan Mza G-2 Lote 5
Urb. San Antonio – San Sebastián - Cusco

Anexo 6: Análisis de caracterización de suelo final



PROFESIONALES EN INGENIERÍA
GEOTECNIA Y MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y MATERIALES

ANALISIS DE SUELOS: CARACTERIZACION

Solicitante: HARDY MINERVA KCANA PUMA

Localidad: CUSCO

Fecha de entrega: 22 /02/2021

Fecha de recepción: 24 /02/2022

Número de Muestra		pH	C.E.	CaCO ₃	M.O	P	K	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	%Sat. De Bases
Lab	Clave							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	AL ⁺³ +H ⁺			
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq /100g							
923	T1-I	7.00	1.24	13.41	2.05	75.43	389	41	40	19	Fr.	22.08	16.36	4.82	0.87	0.03	0.00	22.07	22.07	100
924	T1-II	7.40	1.17	12.91	2.06	75.26	414	43	40	17	Fr.	23.68	17.72	5.17	0.76	0.03	0.00	23.67	23.67	100
925	T1-III	7.23	1.28	13.81	2.50	74.54	384	43	40	17	Fr.	25.60	19.84	4.85	0.86	0.05	0.00	25.61	25.61	100
926	T2-I	7.84	3.28	12.90	3.45	76.54	2056	45	40	19	Fr.	26.88	20.00	3.77	3.01	0.10	0.00	26.87	26.87	100
927	T2-II	8.05	0.90	13.82	3.62	76.41	2305	45	36	19	Fr.	28.16	20.06	5.02	0.02	0.06	0.00	28.17	28.17	100
928	T2-III	7.82	4.85	13.40	3.54	83.51	3622	45	36	17	Fr.	26.88	18.95	4.77	0.09	0.07	0.00	26.87	26.87	100
929	T3-I	7.80	4.98	12.40	3.98	83.57	3341	45	40	19	Fr.	27.20	19.12	5.03	2.96	0.09	0.00	27.21	27.21	100
930	T3-II	7.73	5.17	13.40	4.01	84.65	3592	41	40	19	Fr.	26.88	19.16	4.52	3.08	0.12	0.00	26.87	26.87	100
931	T3-III	7.94	3.18	12.92	4.00	87.51	2257	41	40	19	Fr.	27.84	20.00	4.42	3.35	0.07	0.00	27.84	27.84	100
932	T4-I	7.96	4.77	13.41	4.33	88.65	4492	41	40	19	Fr.	27.20	14.92	9.42	2.74	0.12	0.00	27.20	27.20	100
933	T4-II	7.97	5.45	12.91	4.25	90.53	4882	41	40	19	Fr.	25.76	14.71	8.15	2.78	0.11	0.00	25.77	25.77	100
934	T4-III	8.02	5.39	12.90	4.44	89.61	4690	40	40	19	Fr.	25.28	13.88	8.28	3.01	0.10	0.00	25.26	25.26	100

A.= Arena; A. Fr. = Arena Franca; Fr.A.= Franco Arenoso; Fr.= Franco; Fr. L.= Franco Limoso; Fr. Ar. A.= Franco Arcillo Arenoso; Fr. Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar. L= Franco Arcillo Limoso; Ar.A.= Arcillo Arenoso; Ar.L.= Arcillo Limoso; Ar.= Arcilloso



Dirección: Calle San Juan Mza G-2 Lote 5
Urb. San Antonio – San Sebastián - Cusco

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Solicitante: HARDY MINERVA KCANA PUMA

Localidad: CUSCO

Fecha de entrega: 22 /02/2021

Fecha de recepción: 24 /02/2022

Número de Muestra		pH	C.E.	CaCo ₃	M.O	P	K	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	%Sat. De Bases
Lab	Clave							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	AL ⁺³ + H ⁺			
935	T5-I	8.09	5.97	12.91	4.65	100.21	5610	41	42	17	Fr.	26.88	15.64	8.12	3.02	0.1	0.00	26.87	26.87	100
936	T5-II	8.10	8.51	12.40	4.70	102.51	5810	45	40	15	Fr.	25.44	15.20	7.05	3.09	0.1	0.00	25.43	25.43	100
937	T5-III	8.10	4.50	12.42	4.77	100.62	6022	41	44	15	Fr.	26.72	15.64	8.30	2.61	0.17	0.00	26.70	26.70	100
938	T6-I	8.00	0.49	15.30	4.57	104.25	296	31	50	19	Fr.L	18.88	15.34	2.95	0.56	0.3	0.00	18.87	18.87	100
939	T6-II	7.90	0.51	15.30	4.84	106.21	263	31	50	19	Fr.L	19.04	16.26	2.35	0.41	0.3	0.00	19.05	19.05	100
940	T6-III	7.89	0.53	15.30	4.68	104.22	243	37	44	19	Fr.L	17.28	13.91	2.92	0.42	0.3	0.00	17.29	17.29	100
941	T7-I	7.76	3.93	15.30	5.68	110.24	2056	37	44	19	Fr.	20.48	14.25	3.45	2.74	0.4	0.00	20.47	20.47	100
942	T7-II	7.81	3.08	15.30	5.97	113.63	1736	35	46	19	Fr.	20.48	14.50	2.92	3.02	0.4	0.00	20.47	20.47	100
943	T7-III	7.83	3.28	15.30	5.78	114.35	1716	41	42	17	Fr.	20.48	14.16	3.75	2.83	0.6	0.00	20.80	20.80	100
944	T8-I	7.98	4.63	15.30	6.00	118.24	3010	35	46	19	Fr.	19.84	13.34	3.32	3.08	0.1	0.00	19.83	19.83	100
945	T8-II	7.93	5.01	14.32	6.05	119.54	3480	41	44	15	Fr.	20.80	13.63	3.48	3.59	0.1	0.00	20.81	20.81	100
946	T8-III	7.90	4.89	14.82	6.12	119.38	3390	39	44	17	Fr.	20.48	13.71	3.58	3.09	0.1	0.00	20.47	20.47	100

A.= Arena; A. Fr. = Arena Franca; Fr.A.= Franco Arenoso; Fr.= Franco; Fr. L.= Franco Limoso; Fr. Ar. A.= Franco Arcillo Arenoso; Fr. Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar. L= Franco Arcillo Limoso; Ar.A.= Arcillo Arenoso; Ar.L.= Arcillo Limoso; Ar.= Arcilloso

Dirección: Calle San Juan Mza G-2 Lote 5
Urb. San Antonio – San Sebastián - Cusco

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Solicitante: HARDY MINERVA KCANA PUMA

Localidad: CUSCO

Fecha de entrega: 22 /02/2021

Fecha de recepción: 24 /02/2022

Número de Muestra		pH	C.E.	CaCO ₃	M.O	P	K	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	%Sat. De Bases
Lab	Clave							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	AL ⁺³ +H ⁺			
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq /100g							
948	T9-I	7.90	6.38	14.30	6.85	120.33	4610	41	42	17	Fr.	21.28	14.84	3.29	3.02	0.15	0.00	21.29	21.29	100
949	T9-II	8.03	5.43	14.80	6.82	119.58	4031	41	42	17	Fr.	19.69	13.36	3.68	2.55	0.10	0.00	19.68	19.68	100
950	T9-III	8.03	5.95	14.30	6.90	120.46	4662	43	42	15	Fr.	20.17	12.06	4.90	3.07	0.13	0.00	20.16	20.16	100
951	T10-I	8.09	8.68	13.82	7.54	123.22	5223	47	36	17	Fr.	25.57	19.22	3.18	2.95	0.21	0.00	25.56	25.56	100
952	T10-II	8.13	6.52	14.30	7.84	125.45	5402	51	34	15	Fr.	21.28	14.23	4.42	2.51	0.12	0.00	21.28	21.28	100

A.= Arena; A. Fr. = Arena Franca; Fr.A.= Franco Arenoso; Fr.= Franco; Fr. L.= Franco Limoso; Fr. Ar. A.= Franco Arcillo Arenoso; Fr. Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar. L= Franco Arcillo Limoso; Ar.A.= Arcillo Arenoso; Ar.L.= Arcillo Limoso; Ar.= Arcilloso

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

Solicitante: HARDY MINERVA KCANA PUMA

Localidad: CUSCO / CUSCO/ SAN JERONIMO

Fecha: 22 /02/2021

Número de Muestra		Cd
Lab	Claves	ppm
9	T1-I	14.63
10	T1-II	15.01
11	T1-III	14.91
12	T2-I	14.74
13	T2-II	14.70
14	T2-III	15.01
15	T3-I	14.83
16	T3-II	14.43
17	T3-III	14.87
18	T4-I	14.93
19	T4-II	14.93
20	T4-III	14.13
21	T5-I	14.43
22	T5-II	14.29
23	T5-III	14.30
24	T6-I	13.96
25	T6-II	13.98
26	T6-III	13.91

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

Solicitante: HARDY MINERVA KCANA PUMA

Localidad: CUSCO / CUSCO / SAN JERONIMO

Fecha: 22 /02/2021

Número de Muestra		Cd
Lab	Claves	ppm
27	T7-I	13.89
28	T7-II	14.01
29	T7-III	13.89
30	T8-I	12.21
31	T8-II	13.65
32	T8-III	13.60
33	T9-I	13.34
34	T9-II	13.64
35	T9-III	13.53
36	T10-I	12.93
37	T10-II	13.10
38	T10-III	12.74

PRO INGEMA S.A.C
LABORATORIO
SUELOS, CONCRETOS Y MATERIALES

Ing. Aldemiro Mollinedo
CIP 206658
GERENTE GENERAL

Anexo 7: Certificaciones de calibración del laboratorio



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0192-031-2021

Página 1 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2021/01/26

Solicitante **PROFESIONAL EN INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - PRO INGENMA S.A.C.**

Dirección CAL. SAN JUAN MZ. G-3 LOTE 5 APV. SAN ANTONIO CUSCO - CUSCO - SAN SEBASTIAN

Instrumento de medición **EQUIVALENTE DE ARENA**

Identificación 0192-031-2021

Marca FORNEY

Modelo NO INDICA

Serie NO INDICA

Maleta MADERA

Procedencia USA

Lugar de calibración Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.

Fecha de calibración 2021/01/26

Método/Procedimiento de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 5ta Ed. 2012., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma del MTC 114.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Caralca
METROLOGÍA

COPIA



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M - 144

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
Modelo <i>Model</i>	R31P30	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	8339480074	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO INDICA	
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	30000 g	
Solicitante <i>Customer</i>	PROFESIONAL EN INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
Dirección <i>Address</i>	MZA. G-3 LOTE. 5 APV. SAN ANTONIO (A1CDRA ANTES I.E BOLIVARIANO EN C2P BLAN) CUSCO - CUSCO - SAN SEBASTIAN	
Ciudad <i>City</i>	CUSCO	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2019 - 06 - 04	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2019 - 09 - 24	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas

Authorized signatures


Henry Julio León Masgo
Metrología Laboratorio de Metrología

LM-IPC-04-F-01 Rev 2.0

Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO